

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

JC832 U.S. PTO  
10/015091  
10/23/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年11月21日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-354145

出 願 人

Applicant(s):

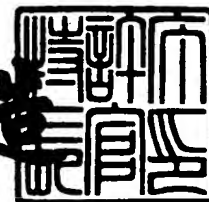
アルプス電気株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 8月31日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 J81951A1

【提出日】 平成12年11月21日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/39

【発明の名称】 スピンバルブ型薄膜磁気素子及び薄膜磁気ヘッド及び浮  
上式磁気ヘッド並びにスピンバルブ型薄膜磁気素子の製  
造方法

【請求項の数】 21

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会  
社内

【氏名】 長谷川 直也

【特許出願人】

【識別番号】 000010098

【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社

【代理人】

【識別番号】 100064908

【弁理士】

【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】 100108578

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】 100089037

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100094400

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 三義

【選任した代理人】

【識別番号】 100107836

【弁理士】

【氏名又は名称】 西 和哉

【選任した代理人】

【識別番号】 100108453

【弁理士】

【氏名又は名称】 村山 靖彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704956

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 スピンバルブ型薄膜磁気素子及び薄膜磁気ヘッド及び浮上式磁気ヘッド並びにスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に、少なくともフリー磁性層及び固定磁性層を備えて磁気抵抗効果を示す積層体と、少なくとも前記フリー磁性層のトラック幅方向両側に位置して前記フリー磁性層の磁気モーメント方向を一方向に揃える一対のハードバイアス層と、少なくとも前記ハードバイアス層上に積層された一対のリード層と、少なくとも前記積層体のトラック幅方向両側における側面と前記ハードバイアス層との間に位置する一対の絶縁層と、を具備してなり、

前記一対のリード層には前記積層体の一部上まで延在するオーバーレイ部がそれぞれ設けられ、該オーバーレイ部の先端部分が前記積層体に接合することを特徴とするスピンバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 2】 前記絶縁層の前記積層体の側面における膜厚が 0.5 nm 以上 5 nm 以下の範囲であることを特徴とする請求項 1 に記載のスピンバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 3】 前記絶縁膜が、酸化アルミニウム、酸化シリコン、酸化タンタル、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ハフニウム、酸化クロム、酸化バナジウム、酸化ニオブのうちのいずれか 1 種またはこれら 2 種以上の混合物からなることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のスピンバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 4】 前記絶縁層が前記ハードバイアス層の基板側に延在してなることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載のスピンバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 5】 前記ハードバイアス層と前記絶縁層との間に、バイアス下地層を具備してなることを特徴とする請求項 4 に記載のスピンバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 6】 前記絶縁層が、前記積層体の側面から前記積層体上面のトラック幅方向両端部分まで延在し、



前記一対のリード層のオーバーレイ部がそれぞれ設けられ、該オーバーレイ部の先端部分が前記絶縁膜よりも前記積層体の中央側まで延在して前記積層体に接合することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれかに記載のスピナルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 7】 前記積層体上面における前記絶縁層の膜厚が、0.5 nm 以上 20 nm 以下の範囲であることを特徴とする請求項 6 記載のスピナルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 8】 前記オーバーレイ部の前記積層体に接合する各先端部分のトラック幅方向幅寸法が 0.01  $\mu$ m 以上 0.05  $\mu$ m 以下の範囲であることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 7 のいずれかに記載のスピナルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 9】 前記オーバーレイ部のトラック幅方向の幅が 0.1  $\mu$ m 以上 0.3  $\mu$ m 以下の範囲であることを特徴とする請求項 8 記載のスピナルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 10】 前記積層体は、前記フリー磁性層と、非磁性導電層と、前記固定磁性層と、交換結合磁界により前記固定磁性層の磁気モーメント方向を固定する反強磁性層とが少なくとも順次積層されて形成されたものであることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれかに記載のスピナルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 11】 前記積層体は、前記フリー磁性層の厚さ方向両側にそれぞれ、非磁性導電層と、前記固定磁性層と、交換結合磁界により前記固定磁性層の磁気モーメント方向を固定する反強磁性層とが少なくとも順次積層されて形成されたものであることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれかに記載のスピナルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 12】 前記ハードバイアス層と前記リード層との間に、前記積層体のトラック幅方向両端部分まで延在する絶縁膜が設けられてなることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 11 のいずれかに記載のスピナルブ型薄膜磁気素子。

【請求項 13】 請求項 1 ないし請求項 12 のいずれかに記載のスピナル

ルブ型薄膜磁気素子を磁気記録情報の読出し素子として備えたことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 1 4】 スライダに、請求項 1 3 に記載の薄膜磁気ヘッドを具備しなることを特徴とする浮上式磁気ヘッド。

【請求項 1 5】 基板上に、少なくともフリー磁性層及び固定磁性層を含む積層膜を形成した後に、該積層膜上に、前記積層膜に接する当接面と、該当接面を挟む両側面と、前記当接面と前記両側面の間であって該当接面のトラック幅方向両側に設けられた一对の切込部と、を具備してなる第 1 リフトオフレジストを形成し、更に前記積層膜にエッチング粒子を照射して前記第 1 リフトオフレジストの両側面よりトラック幅方向外側にある積層膜の全部または一部をエッチングすることにより、断面視略台形状とされトラック幅方向外側の両側面を有する積層体を形成する積層体形成工程と、

前記基板に対して角度  $\theta_{d1}$  の方向からスパッタ粒子を堆積することにより、前記積層体の側面上およびこの側面から前記切込部に対応する位置にある前記積層体上まで延在する絶縁層を形成する絶縁層形成工程と、

前記積層体の両側位置の前記絶縁層上に、前記基板に対して角度  $\theta_{d2}$  (ただし  $\theta_{d2} > \theta_{d1}$ ) の方向から別のスパッタ粒子を堆積することにより、少なくとも前記フリー磁性層と同じ階層に位置する一对のハードバイアス層を積層するバイアス層形成工程と、

前記第 1 リフトオフレジストを除去した後に、前記第 1 リフトオフレジストの前記当接面よりも狭幅な当接面と、この狭幅な当接面を挟む両側面と、前記当接面と前記両側面の間であって該狭幅な当接面のトラック幅方向両側に設けられた一对の切込部とを具備してなる第 2 リフトオフレジストを前記積層体上面のトラック幅方向ほぼ中央に形成する第 2 レジスト形成工程と、

他のスパッタ粒子を堆積することにより、前記絶縁層上から前記第 2 リフトオフレジストの切込部に対応する位置にある積層体上まで延在する一对のリード層を形成するリード層形成工程と、

からなることを特徴とするスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項 1 6】 前記第 2 リフトオフレジストを形成した後に別のエッチ

ング粒子を照射して、前記第2リフトオフレジストの切込部に対応する位置にある積層体の一部をエッチングすることを特徴とする請求項15に記載のスピナバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項17】 前記角度 $\theta_{d1}$ が $40^{\circ} \sim 80^{\circ}$ の範囲であり、前記角度 $\theta_{d2}$ が $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ の範囲であることを特徴とする請求項15または請求項16に記載のスピナバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項18】 前記ハードバイアス層を積層した後に、別のスパッタ粒子を堆積することにより、前記ハードバイアス層上に絶縁膜を積層する絶縁膜形成工程を有することを特徴とする請求項15ないし請求項17のいずれかに記載のスピナバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項19】 基板上に、少なくともフリー磁性層及び固定磁性層を含む積層膜を形成した後に、該積層膜上に、前記積層膜に接する当接面と該当接面を挟む両側面と前記当接面と前記両側面の間であって該当接面のトラック幅方向両側に設けられた一対の切込部とを具備してなる第1リフトオフレジストを形成し、更に前記積層膜にエッチング粒子を照射して前記第1リフトオフレジストの両側面よりトラック幅方向外側にある積層膜の全部または一部をエッチングすることにより、断面視略台形状とされトラック幅方向外側の両側面を有する積層体を形成する積層体形成工程と、

前記積層体の両側にスパッタ粒子を堆積することにより、前記積層体の側面上に延在する絶縁層を形成する絶縁層形成工程と、

前記積層体の両側にスパッタ粒子を堆積することにより、少なくとも前記フリー磁性層と同じ階層に位置する一対のハードバイアス層を前記絶縁層上に積層するバイアス層形成工程と、

前記第1リフトオフレジストを除去した後に、前記第1リフトオフレジストの前記当接面よりも狭幅な当接面と、この狭幅な当接面を挟む両側面と、前記当接面と前記両側面の間であって該狭幅な当接面のトラック幅方向両側に設けられた一対の切込部とを具備してなる第2リフトオフレジストを前記積層体上面のほぼ中央に形成する第2レジスト形成工程と、

前記基板に対して角度 $\theta_{d3}$ の方向からスパッタ粒子を堆積することにより、前

記ハードバイアス層上から前記切込部に対応する位置にある積層体上まで延在する一対の絶縁膜を形成する絶縁膜形成工程と、

前記基板に対して角度 $\theta_{d4}$ （ただし $\theta_{d3} > \theta_{d4}$ ）の方向から他のスパッタ粒子を堆積することにより、前記絶縁膜上から前記第2リフトオフレジストの切込部に対応する位置にある積層体上まで延在する一対のリード層を形成するリード層形成工程と

を有することを特徴とするスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項20】 前記絶縁膜を形成した後に別のエッチング粒子を照射して、前記第2リフトオフレジストの切込部に対応する位置にある積層体の一部をエッチングすることを特徴とする請求項19に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項21】 前記角度 $\theta_{d3}$ が $60 \sim 90^\circ$ の範囲であり、前記角度 $\theta_{d4}$ が $40 \sim 80^\circ$ の範囲であることを特徴とする請求項19または請求項20に記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

# 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、スピバルブ型薄膜磁気素子及び薄膜磁気ヘッド及び浮上式磁気ヘッド並びにスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法に関するものであり、特に、検出電流の分流を防止してサイドリーディングの発生を低減することが可能な技術に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

スピバルブ型薄膜磁気素子は、巨大磁気抵抗効果を示すGMR（Giant Magnetoresistive）素子の一種であり、ハードディスクなどの記録媒体から記録磁界を検出するものである。

しかもこのスピバルブ型薄膜磁気素子は、GMR素子の中で比較的構造が単純で、外部磁界に対して抵抗変化率が高く、弱い磁界で抵抗が変化するなどの優

れた長所を有している。

### 【0003】

図19は、従来のスピバルブ型薄膜磁気素子を、記録媒体との対向面（A B S面）側から見た構造を示す断面図である。

図19に示すスピバルブ型薄膜磁気素子は、フリー磁性層の厚さ方向両側にそれぞれ、非磁性導電層、固定磁性層、反強磁性層が一層ずつ積層された、いわゆるデュアルスピバルブ型薄膜磁気素子である。

なお図19において、図示Z方向はハードディスクなどの磁気記録媒体の移動方向であり、図示Y方向は磁気記録媒体からの洩れ磁界の方向であり、図示X<sub>1</sub>方向はスピバルブ型薄膜磁気素子のトラック幅方向である。

### 【0004】

図19に示す従来のスピバルブ型薄膜磁気素子301は、基板302上に、Taなどからなる下地層303、第1反強磁性層304、第1固定磁性層305、Cuなどからなる第1非磁性導電層306、フリー磁性層307、Cuなどからなる第2非磁性導電層308、第2固定磁性層309、第2反強磁性層310およびTaなどからなる保護層311が順次積層されて形成された積層体312と、この積層体312の両側に形成されたCoPt合金等からなる一対のハードバイアス層332、332と、このハードバイアス層332、332上に形成されたCu等からなる一対のリード層334、334とを主体として構成されている。

### 【0005】

第1固定磁性層305は、第1強磁性ピンド層305aと、第1非磁性中間層305bと、第2強磁性ピンド層305cとが積層されて構成されている。第2強磁性ピンド層305cの膜厚は、第1強磁性ピンド層305aの膜厚より大とされている。

第1強磁性ピンド層305aの磁気モーメント方向は、第1反強磁性層304との交換結合磁界によって図示Y方向に固定され、また第2強磁性ピンド層305cは、第1強磁性ピンド層305aと反強磁性的に結合してその磁気モーメント方向が図示Y方向の反対方向に固定されている。

## 【 0 0 0 6 】

このように第1、第2強磁性ピンド層305a、305cの磁気モーメント方向が互いに反平行とされているため、それぞれの層の磁気モーメントが相互に打ち消し合う関係にあるが、第2強磁性ピンド層305cが第1強磁性ピンド層305aよりも厚く形成されているので、第2強磁性ピンド層305cの磁気モーメントが僅かに残存し、これにより第1固定磁性層305全体の磁気モーメント方向が図示Y方向の反対方向に固定される。

## 【 0 0 0 7 】

また、第2固定磁性層309は、第3強磁性ピンド層309aと、第2非磁性中間層309bと、第4強磁性ピンド層309cとが積層されて構成されている。第3強磁性ピンド層309aの膜厚は、第4強磁性ピンド層309cの膜厚より大とされている。

第4強磁性ピンド層309cの磁気モーメント方向は、第2反強磁性層310との交換結合磁界によって図示Y方向の反対方向に固定され、また第3強磁性ピンド層309aは、第4強磁性ピンド層309cと反強磁性的に結合してその磁気モーメント方向が図示Y方向に固定されている。

## 【 0 0 0 8 】

第2固定磁性層309では、第1固定磁性層305の場合と同様に、第3、第4強磁性ピンド層309a、309cのそれぞれの磁気モーメントが相互に打ち消し合う関係にあるが、第3強磁性ピンド層309aが第4強磁性ピンド層309cより厚く形成されているので、第3強磁性ピンド層309aの磁気モーメントが僅かに残存し、第2固定磁性層309全体の磁気モーメント方向が図示Y方向に固定される。

## 【 0 0 0 9 】

このように第1、第2固定磁性層305、309は、第1～第4強磁性ピンド層305a、305c、309a、309cがそれぞれ反強磁性的に結合し、かつ第2、第3強磁性ピンド層305c、309aの磁気モーメントがそれぞれ残存しており、人工的なフェリ磁性状態（synthetic ferrimagnet; シンセティックフェリ磁性）を示す層となる。

## 【 0 0 1 0 】

フリー磁性層 3 0 7 は、C o 等よりなる第 1 拡散防止層 3 0 7 a と、N i F e 合金よりなる強磁性自由層 3 0 7 b と、C o 等よりなる第 2 拡散防止層 3 0 7 c とが積層されて構成されている。第 1、第 2 拡散防止層 3 0 7 a、3 0 7 c は、強磁性自由層 3 0 7 b と第 1、第 2 非磁性導電層 3 0 6、3 0 8 との相互拡散を防止する。

このフリー磁性層 3 0 7 の磁気モーメント方向は、ハードバイアス層 3 3 2、3 3 2 のバイアス磁界によって図示 X1 方向に揃えられている。

これにより、フリー磁性層 3 0 7 の磁気モーメント方向と第 1、第 2 固定磁性層 3 0 5、3 0 9 の磁気モーメント方向とが交叉する関係になる。

## 【 0 0 1 1 】

リード層 3 3 4、3 3 4 は、ハードバイアス層 3 3 2、3 3 2 上に積層され、更に積層体 3 1 2 の図示 X1 方向（トラック幅方向）両側から積層体 3 1 2 の中央に向けて延出し、一部が積層体 3 1 2 の図示 X1 方向両端部分（トラック幅方向両端部分）に乗り上げて積層体 3 1 2 に被着している。積層体 3 1 2 に被着する部分をリード層 3 3 4、3 3 4 のオーバーレイ部 3 3 4 a、3 3 4 a と称する。オーバーレイ部 3 3 4 a、3 3 4 a は、積層体 3 1 2 上にて相互に T w の間隔をあけて離間している。

## 【 0 0 1 2 】

第 1 反強磁性層 3 0 4 は、第 1 固定磁性層 3 0 5 やフリー磁性層 3 0 7 よりも図示 X1 方向（トラック幅方向）両側に突出して形成されている。

第 1 反強磁性層 3 0 4 の突出部 3 0 4 a、3 0 4 a とハードバイアス層 3 3 2、3 3 2 との間には、T a、W または C r からなるバイアス下地層 3 3 1、3 3 1 が積層されている。さらに、ハードバイアス層 3 3 2、3 3 2 とリード層 3 3 4、3 3 4 との間には T a、W または C r からなる中間層 3 3 3、3 3 3 が積層されている。

## 【 0 0 1 3 】

このスピナルブ型薄膜磁気素子 3 0 1 では、リード層 3 3 4、3 3 4 から積層体 3 1 2 に検出電流（センス電流）が与えられ、磁気記録媒体からの洩れ磁界

がY方向に与えられると、フリー磁性層307の磁気モーメント方向がX1方向からY方向へ向けて変化する。このフリー磁性層307の磁気モーメント方向の変動と、第1、第2固定磁性層305、309の磁気モーメント方向との関係で電気抵抗値が変化し（これを磁気抵抗（MR）効果という）、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化により、磁気記録媒体からの漏れ磁界が検出される。

#### 【0014】

ところで、このスピバルブ型薄膜磁気素子301では、リード層334、334から積層体312に与えられる検出電流（センス電流）は主に、図19に示すようにオーバーレイ部334a、344aの先端334b、334bの近傍から積層体312に印加される。

従って、積層体312のなかで最もセンス電流が集中するのは、図にJ1で示すようにオーバーレイ部334a、334aが被着されていない中央部分であり、この中央部分において磁気抵抗（MR）効果が顕著となり、磁気記録媒体の漏れ磁界の検出感度が高くなる。そこで、この中央部分を図19に示すように感度領域Sと称する。

一方、オーバーレイ部334a、334aが被着されている部分においては、感度領域Sに比べてセンス電流が極めて小さく、磁気抵抗（MR）効果が小さくなって磁気記録媒体の漏れ磁界の検出感度が低下する。このオーバーレイ部334a、334aが被着された部分を不感度領域Nと称する。

#### 【0015】

このように、リード層334、334のオーバーレイ部334a、334aを積層体312の一部に被着させることにより、実質的に磁気記録媒体からの記録磁界の再生に寄与する部分（感度領域S）と、実質的に磁気記録媒体からの記録磁界の再生に寄与しない部分（不感度領域N）とが形成され、感度領域Sの幅Twがスピバルブ型薄膜磁気素子301のトラック幅となり、狭トラック化に対応することが可能になる。

#### 【0016】

#### 【発明が解決しようとする課題】

しかし図19に示すように、従来のスピバルブ型薄膜磁気素子301におけ



るセンス電流には、オーバーレイ部の 3 3 4 a、3 3 4 a の基部 3 3 4 c、3 3 4 c から積層体 3 1 2 に印加される分流成分 J2 や、リード層 3 3 4 からハードバイアス層 3 3 2 を経由して第 2 反強磁性層 3 1 0 の基板 3 0 2 側から積層体 3 1 2 の側面に直接流れ込む分流成分 J3 が存在し、これらの分流成分 J2、J3 が無視できない大きさになっている。

## 【 0 0 1 7 】

この結果、不感度領域 N においてセンス電流の分流成分 J2、J3 による磁気抵抗変化が発現し、この不感度領域 N に対応する磁気記録媒体の記録トラックの信号を再生してしまう。

特に高記録密度化を目的として、記録トラック幅および記録トラック間隔を減少させて狭トラック化を図った場合、本来感度領域 S で読出すべき記録トラックの他に、隣接する記録トラックの情報が上記不感度領域 N において読出されるサイドリーディングが発生し、これが出力信号に対してノイズとなり、エラーを招く可能性があった。

## 【 0 0 1 8 】

さらに根本的に、スピバルブ型薄膜磁気素子におけるより一層の出力特性の向上と感度の向上を図りたいという要求が存在していた。

## 【 0 0 1 9 】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたもので、以下の目的を達成しようとするものである。

- ①スピバルブ型薄膜磁気素子における出力特性の向上を図ること。
- ②サイドリーディング発生の防止を図ること。
- ③上記スピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を提供すること。
- ④上記スピバルブ型薄膜磁気素子を備えた薄膜磁気ヘッドを提供すること。

## 【 0 0 2 0 】

## 【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、本発明は以下の手段を採用した。

本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子は、基板上に、少なくともフリー磁性層及び固定磁性層を備えて磁気抵抗効果を示す積層体と、少なくとも前記フリー磁

性層のトラック幅方向両側に位置して前記フリー磁性層の磁気モーメント方向を一方向に揃える一対のハードバイアス層と、少なくとも前記ハードバイアス層上に積層された一対のリード層と、少なくとも前記積層体のトラック幅方向両側における前記積層体の側面と前記ハードバイアス層との間に位置する一対の絶縁層と、を具備してなり、前記一対のリード層には前記積層体の一部上まで延在するオーバーレイ部がそれぞれ設けられ、該オーバーレイ部の先端部分が前記積層体に接合することを特徴とする。

本発明のスピナルブ型薄膜磁気素子において、前記絶縁層の前記積層体の側面における膜厚が $0.5\text{ nm}$ 以上 $5\text{ nm}$ 以下の範囲であることが望ましい。

また、本発明において、前記絶縁膜が、酸化アルミニウム、酸化シリコン、酸化タンタル、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ハフニウム、酸化クロム、酸化バナジウム、酸化ニオブのうちのいずれか1種またはこれら2種以上の混合物からなる手段を採用することもできる。

本発明における前記絶縁層が前記ハードバイアス層の基板側に延在してなることができる。

また、本発明においては、前記ハードバイアス層と前記絶縁層との間に、バイアス下地層を具備してなることがある。

本発明は、前記絶縁層が、前記積層体の側面から前記積層体上面のトラック幅方向両端部分まで延在し、前記一対のリード層のオーバーレイ部がそれぞれ設けられ、該オーバーレイ部の先端部分が前記絶縁膜よりも前記積層体の中央側まで延在して前記積層体に接合することが可能である。

また、本発明において、前記積層体上面における前記絶縁層の膜厚が、 $0.5\text{ nm}$ 以上 $20\text{ nm}$ 以下の範囲であることもできる。

本発明は、前記オーバーレイ部の前記積層体に接合する各先端部分のトラック幅方向幅寸法が $0.01\text{ }\mu\text{ m}$ 以上 $0.05\text{ }\mu\text{ m}$ 以下の範囲であることがある。

本発明は、前記オーバーレイ部のトラック幅方向の幅が $0.1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上 $0.3\text{ }\mu\text{ m}$ 以下の範囲であることが可能である。

また、本発明において、前記積層体は、前記フリー磁性層と、非磁性導電層と、前記固定磁性層と、交換結合磁界により前記固定磁性層の磁気モーメント方向

を固定する反強磁性層とが少なくとも順次積層されて形成されたものであることもできる。

本発明は、前記積層体は、前記フリー磁性層の厚さ方向両側にそれぞれ、非磁性導電層と、前記固定磁性層と、交換結合磁界により前記固定磁性層の磁気モーメント方向を固定する反強磁性層とが少なくとも順次積層されて形成されたものである手段を採用することがある。

本発明は、前記ハードバイアス層と前記リード層との間に、前記積層体のトラック幅方向両端部分まで延在する絶縁膜が設けられてなることができる。

本発明の薄膜磁気ヘッドは、先のいずれかに記載のスピンバルブ型薄膜磁気素子を磁気記録情報の読出し素子として備えたことができ、また、本発明の浮上式磁気ヘッドは、スライダに、先に記載の薄膜磁気ヘッドを具備してなることができる。

本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、基板上に、少なくともフリー磁性層及び固定磁性層を含む積層膜を形成した後に、該積層膜上に、前記積層膜に接する当接面と、該当接面を挟む両側面と、前記当接面と前記両側面の間であって該当接面のトラック幅方向両側に設けられた一对の切込部と、を具備してなる第1リフトオフレジストを形成し、更に前記積層膜にエッチング粒子を照射して前記第1リフトオフレジストの両側面よりトラック幅方向外側にある積層膜の全部または一部をエッチングすることにより、断面視略台形状とされトラック幅方向外側の両側面を有する積層体を形成する積層体形成工程と、

前記基板に対して角度 $\theta_{d1}$ の方向からスパッタ粒子を堆積することにより、前記積層体の側面上およびこの側面から前記切込部に対応する位置にある前記積層体上まで延在する絶縁層を形成する絶縁層形成工程と、

前記積層体の両側位置の前記絶縁層上に、前記基板に対して角度 $\theta_{d2}$ （ただし $\theta_{d2} > \theta_{d1}$ ）の方向から別のスパッタ粒子を堆積することにより、少なくとも前記フリー磁性層と同じ階層に位置する一对のハードバイアス層を積層するバイアス層形成工程と、

前記第1リフトオフレジストを除去した後に、前記第1リフトオフレジストの前記当接面よりも狭幅な当接面と、この狭幅な当接面を挟む両側面と、前記当接

面と前記両側面の間であって該狭幅な当接面のトラック幅方向両側に設けられた一対の切込部とを具備してなる第2リフトオフレジストを前記積層体上面のトラック幅方向ほぼ中央に形成する第2レジスト形成工程と、

他のスパッタ粒子を堆積することにより、前記絶縁層上から前記第2リフトオフレジストの切込部に対応する位置にある積層体上まで延在する一対のリード層を形成するリード層形成工程と、

からなることを特徴とすることにより上記課題を解決した。

本発明は、前記第2リフトオフレジストを形成した後に別のエッチング粒子を照射して、前記第2リフトオフレジストの切込部に対応する位置にある積層体の一部をエッチングすることもできる。

本発明は、前記角度 $\theta_{d1}$ が $40 \sim 80^\circ$ の範囲であり、前記角度 $\theta_{d2}$ が $60 \sim 90^\circ$ の範囲であることが可能である。

本発明は、前記ハードバイアス層を積層した後に、別のスパッタ粒子を堆積することにより、前記ハードバイアス層上に絶縁膜を積層する絶縁膜形成工程を有することができる。

また、本発明のスピナルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、基板上に、少なくともフリー磁性層及び固定磁性層を含む積層膜を形成した後に、該積層膜上に、前記積層膜に接する当接面と該当接面を挟む両側面と前記当接面と前記両側面の間であって該当接面のトラック幅方向両側に設けられた一対の切込部とを具備してなる第1リフトオフレジストを形成し、更に前記積層膜にエッチング粒子を照射して前記第1リフトオフレジストの両側面よりトラック幅方向外側にある積層膜の全部または一部をエッチングすることにより、断面視略台形状とされトラック幅方向外側の両側面を有する積層体を形成する積層体形成工程と、

前記積層体の両側にスパッタ粒子を堆積することにより、前記積層体の側面上に延在する絶縁層を形成する絶縁層形成工程と、

前記積層体の両側にスパッタ粒子を堆積することにより、少なくとも前記フリー磁性層と同じ階層に位置する一対のハードバイアス層を前記絶縁層上に積層するバイアス層形成工程と、

前記第1リフトオフレジストを除去した後に、前記第1リフトオフレジストの

前記当接面よりも狭幅な当接面と、この狭幅な当接面を挟む両側面と、前記当接面と前記両側面の間であって該狭幅な当接面のトラック幅方向両側に設けられた一対の切込部とを具備してなる第2リフトオフレジストを前記積層体上面のほぼ中央に形成する第2レジスト形成工程と、

前記基板に対して角度 $\theta_{d3}$ の方向からスパッタ粒子を堆積することにより、前記ハードバイアス層上から積層体上まで延在する一対の絶縁膜を形成する絶縁膜形成工程と、

前記基板に対して角度 $\theta_{d4}$ （ただし $\theta_{d3} > \theta_{d4}$ ）の方向から他のスパッタ粒子を堆積することにより、前記絶縁膜上から前記第2リフトオフレジストの切込部に対応する位置にある積層体上まで延在する一対のリード層を形成するリード層形成工程と

からなることにより上記課題を解決した。

本発明は、前記絶縁膜を形成した後に別のエッチング粒子を照射して、前記第2リフトオフレジストの切込部に対応する位置にある積層体の一部をエッチングする手段を採用することもできる。

本発明は、前記角度 $\theta_{d3}$ が $60 \sim 90^\circ$ の範囲であり、前記角度 $\theta_{d4}$ が $40 \sim 80^\circ$ の範囲であることができる。

#### 【0021】

本発明によれば、前記積層体のトラック幅方向両側における前記積層体の側面と前記ハードバイアス層との間に位置する一対の絶縁層を具備してなることにより、積層体の側面は絶縁層によってハードバイアス層やリード層から絶縁されているので、積層体の側面へ直接流れ込む検出電流の分流成分が絶縁層により遮断され、検出電流はすべてオーバーレイ部から積層体に印加されることになり、これにより積層体の両端部分で磁気抵抗効果が発現することがなく、スピントルブ型薄膜磁気素子のサイドリーディングを防止することが可能になる。

#### 【0022】

また、本発明において、前記絶縁層の前記積層体の側面における膜厚が $0.5 \text{ nm}$ 以上 $5 \text{ nm}$ 以下の範囲に設定されるが、この膜厚が $0.5 \text{ nm}$ 以下とされた場合には、積層体の側面を絶縁層によってハードバイアス層やリード層から絶縁

する際にピンホールができて導通してしまうため好ましくなく、絶縁層の前記積層体の側面における膜厚が5 nm以上の範囲に設定された場合には、ハードバイアス層のバイアス磁界によってフリー磁性層の磁気モーメント方向を所定の方向に充分揃えることができなくなる可能性があるため好ましくない。

#### 【0023】

また本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子においては、前記絶縁層が、酸化アルミニウム、酸化シリコン、酸化タンタル、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ハフニウム、酸化クロム、酸化バナジウム、酸化ニオブのうちのいずれか1種またはこれら2種以上の混合物（複合酸化物）からなることが好ましい。

係るスピバルブ型薄膜磁気素子によれば、絶縁層の材質または膜厚を上記の構成にすることによって、積層体のトラック幅方向両端部分への検出電流の分流成分をこの絶縁膜により確実に遮断することができ、スピバルブ型薄膜磁気素子のサイドリーディングを確実に防止することが可能になる。

#### 【0024】

本発明における前記絶縁層が前記ハードバイアス層の基板側に延在してなることができ、これにより、リード層からハードバイアス層を経由して積層体に検出電流が流入することを防止できる。

#### 【0025】

また、本発明においては、前記ハードバイアス層と前記絶縁層との間に、バイアス下地層を具備してなることにより、バイアス下地層上にハードバイアス層を形成すると、ハードバイアス層の保磁力および角形比が大きくなり、フリー磁性層の単磁区化に必要なバイアス磁界を増大させることができる。

#### 【0026】

本発明は、前記絶縁層が、前記積層体の側面から前記積層体上面のトラック幅方向両端部分まで延在し、前記一对のリード層のオーバーレイ部がそれぞれ設けられ、該オーバーレイ部の先端部分が前記絶縁膜よりも前記積層体の中央側まで延在して前記積層体に接合することにより、リード層のオーバーレイ部の先端部分のみが積層体に接合し、リード層の他の部分は絶縁膜によって積層体及びハードバイアス層から絶縁されているので、積層体の側面からの検出電流の分流成分

および上面からトラック幅方向両端部分への検出電流の分流成分が絶縁膜により遮断され、検出電流はすべてオーバーレイ部の先端部分から積層体に印加されることになり、これにより積層体の両端部分で磁気抵抗効果が発現することがなく、スピナルブ型薄膜磁気素子のサイドリーディングを防止することが可能になる。

## 【 0 0 2 7 】

また、本発明において、前記積層体上面における前記絶縁層の膜厚が、0.5 nm以上20 nm以下の範囲であることによって、積層体の上面からトラック幅方向両端部分への検出電流の分流成分をこの絶縁膜により確実に遮断することができ、スピナルブ型薄膜磁気素子のサイドリーディングを確実に防止することが可能になる。

## 【 0 0 2 8 】

また、本発明のリード層における前記オーバーレイ部の前記積層体に接合する各先端部分のトラック幅方向の幅が0.01  $\mu$ m以上0.05  $\mu$ m以下であることにより、リード層と積層体の接合面積が広く確保されるので、先端部分における接触抵抗が低減されて積層体に検出電流を効率よく与えることが可能になる。

## 【 0 0 2 9 】

また、本発明のスピナルブ型薄膜磁気素子においては、前記オーバーレイ部のトラック幅方向の幅が0.1  $\mu$ m以上0.3  $\mu$ m以下の範囲であることが好ましく、これにより、ハードバイアス磁界によって磁気モーメント方向が固定されるフリー磁性層の両端部分をオーバーレイ部の幅とほぼ等しい不感度領域とすることができ、再生感度を向上させることが可能になる。

## 【 0 0 3 0 】

また、本発明のスピナルブ型薄膜磁気素子においては、前記積層体が、前記フリー磁性層と、非磁性導電層と、前記固定磁性層と、交換結合磁界により前記固定磁性層の磁気モーメント方向を固定する反強磁性層とが少なくとも順次積層されて形成されたものであることが好ましい。

## 【 0 0 3 1 】

更に、本発明のスピナルブ型薄膜磁気素子においては、前記積層体が、前記

フリー磁性層の厚さ方向両側に、非磁性導電層と、前記固定磁性層と、交換結合磁界により前記固定磁性層の磁気モーメント方向を固定する反強磁性層とが少なくとも順次積層されて形成されたものでもよい。

#### 【0032】

更に、上記のスピンバルブ型薄膜磁気素子の積層体において、前記フリー磁性層が、いわゆる人工的なフェリ磁性状態 (synthetic ferrimagnet; シンセティックフェリ磁性) を示す層であることが好ましい。このようなフリー磁性層の具体例として、2以上の強磁性層と、これらの強磁性層の間に挿入される非磁性中間層とが積層されてなり、隣接する各強磁性層の磁気モーメント方向が相互に反平行とされて全体がフェリ磁性状態とされたものを例示できる。

#### 【0033】

更に、上記のスピンバルブ型薄膜磁気素子の積層体において、前記固定磁性層が、いわゆる人工的なフェリ磁性状態 (synthetic ferrimagnet; シンセティックフェリ磁性) を示す層であることが好ましい。このような固定磁性層の具体例として、2以上の強磁性層と、これらの強磁性層の間に挿入される非磁性中間層とが積層されてなり、隣接する各強磁性層の磁気モーメント方向が相互に反平行とされて全体がフェリ磁性状態とされたものを例示できる。

#### 【0034】

本発明は、前記ハードバイアス層と前記リード層との間に、前記積層体のトラック幅方向両端部分まで延在する絶縁膜が設けられてなることにより、リード層からハードバイアス層に流入する検出電流の分流成分を規制できるため、より一層積層体側面に流入する検出電流の分流成分の発生を防止することができる。ここで、前記絶縁層と絶縁膜とは、一体とされることも可能であり、また同一の材質からなる構成とされていてもよい。

#### 【0035】

次に、本発明の薄膜磁気ヘッドは、先のいずれかに記載のスピンバルブ型薄膜磁気素子を磁気記録情報の読出し素子として備えたことを特徴とする。

また、本発明の浮上式磁気ヘッドは、スライダに、先に記載の薄膜磁気ヘッドを具備してなることを特徴とする。



## 【 0 0 3 6 】

係る薄膜磁気ヘッドによれば、先に記載のスピンバルブ型薄膜磁気素子を磁気記録情報の読出し素子として備えているので、磁気記録情報の再生出力が高く、サイドリーディング発生の確率が低い薄膜磁気ヘッドを構成することが可能になる。

また係る浮上式磁気ヘッドによれば、上記の薄膜磁気ヘッドを備えているので、磁気情報の再生出力が高く、サイドリーディング発生の確率が低い浮上式磁気ヘッドを構成することが可能になる。

## 【 0 0 3 7 】

次に、本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、基板上に第 1 リフトオフレジストを形成し、前記基板に対して角度  $\theta_{d2}$  の方向からエッチング粒子を照射して更に積層体を形成した後に、前記基板に対して角度  $\theta_{d1}$  (ただし  $\theta_{d2} > \theta_{d1}$ ) の方向からスパッタ粒子を堆積することにより、前記積層体の側面上およびこの側面から前記切込部に対応する位置にある前記積層体上まで延在する絶縁層を形成し、さらに、前記角度  $\theta_{d2}$  と略同等の方向から別のスパッタ粒子を堆積することによりハードバイアス層を形成し、第 2 リフトオフレジストの切込部位置にある積層体上までリード層を形成するので、絶縁膜を積層体の側面、ハードバイアス層の基板側および積層体のトラック幅両端部上まで延在させるとともに、リード層を絶縁膜よりも積層体上面のトラック幅方向中央側に延在させて積層体に接合させることができ、サイドリーディングを防止することが可能なスピンバルブ型薄膜磁気素子を製造できる。

## 【 0 0 3 8 】

また、本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法において、前記第 2 リフトオフレジストを形成した後に別のエッチング粒子を照射して、前記第 2 リフトオフレジストの両脇部分及び切込部に対応する位置にある積層体の一部をエッチングすることにより、リード層と積層体の接合面をクリーニングすることになるので、リード層を積層体に確実に接合させて検出電流を積層体に効率よく印加させることが可能になる。

## 【 0 0 3 9 】

本発明は、前記角度  $\theta_{d1}$  が  $40 \sim 80^\circ$  の範囲であり、前記角度  $\theta_{d2}$  が  $60 \sim 90^\circ$  の範囲であることにより、絶縁層を形成する際の角度  $\theta_{d1}$  が上記の範囲であり、ハードバイアス層を形成する際の角度  $\theta_{d2}$  より小さく設定されているので、絶縁層を第1リフトオフレジストの切込部の位置まで形成させることが可能になり、検出電流の分流成分を極力遮断させることが可能になる。

## 【 0 0 4 0 】

本発明は、前記ハードバイアス層を積層した後に、別のスパッタ粒子を堆積することにより、前記ハードバイアス層上に絶縁膜を積層することで、リード層からハードバイアス層への検出電流の分流をより一層防止することが可能となる。

## 【 0 0 4 1 】

次に本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の別の製造方法は、基板上に積層体およびその両側に絶縁膜、ハードバイアス層を形成した後、第2リフトオフレジストを形成し、基板に対して角度  $\theta_{d3}$  の方向からスパッタ粒子を堆積することにより、前記積層体の両側および前記側面上まで延在する絶縁膜を形成し、さらに、前記基板に対して角度  $\theta_{d4}$  (ただし  $\theta_{d3} > \theta_{d4}$ ) の方向から他のスパッタ粒子を堆積することにより、前記ハードバイアス層上から前記第2リフトオフレジストの切込部に対応する位置にある積層体上まで延在する一対のリード層を形成するので、絶縁膜を積層体のトラック幅両端部上まで延在させるとともに、リード層を絶縁膜よりも積層体の中央方向に延在させて積層体に接合させることができ、サイドリーディングを防止することが可能なスピバルブ型薄膜磁気素子を製造できる。ここで、前記絶縁層と絶縁膜とは、一体とされることも可能であり、また同一の材質からなる構成とされていてもよい。

## 【 0 0 4 2 】

本発明は、前記角度  $\theta_{d3}$  が  $60 \sim 90^\circ$  の範囲であり、前記角度  $\theta_{d4}$  が  $40 \sim 80^\circ$  の範囲であることにより、リード層を形成する際の角度  $\theta_{d4}$  が上記の範囲であり、絶縁膜を形成する際の角度  $\theta_{d3}$  より小さく設定されているので、リード層を第2リフトオフレジストの切込部の位置まで形成させることが可能になり、検出電流の分流成分を極力遮断させることが可能になる。ここで、前記絶縁層と絶縁膜とは、一体とされることも可能であり、また同一の材質からなる構成とさ

れていてもよい。

【 0 0 4 3 】

【 発 明 の 実 施 の 形 態 】

以下、本発明における実施形態を図面を参照して説明する。

なお、図 1 ～ 図 1 8 において、図示 Z 方向は磁気記録媒体の移動方向であり、図示 Y 方向は磁気記録媒体からの漏れ磁界の方向であり、図示 X 1 方向はスピバルブ型薄膜磁気素子のトラック幅方向である。

【 0 0 4 4 】

〔 第 1 の 実 施 形 態 〕

図 1 に、本発明の第 1 の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子 1 を磁気記録媒体側からみた断面模式図を示す。

また、図 2 にスピバルブ型薄膜磁気素子 1 を具備してなる薄膜磁気ヘッド 3 0 0 を備えた浮上式磁気ヘッド 3 5 0 を示し、図 3 に薄膜磁気ヘッド 3 0 0 の要部の断面図を示す。

【 0 0 4 5 】

図 2 に示す本発明に係る浮上式磁気ヘッド 3 5 0 は、スライダ 3 5 1 と、スライダ 3 5 1 の端面 3 5 1 d に備えられた本発明に係る薄膜磁気ヘッド 3 0 0 を主体として構成されている。符号 3 5 5 はスライダ 3 5 1 の磁気記録媒体の移動方向の上流側であるリーディング側を示し、符号 3 5 6 はトレーリング側を示す。このスライダ 3 5 1 の媒体対向面 3 5 2 には、レール 3 5 1 a、3 5 1 a、3 5 1 b が形成され、各レール同士間は、エアーグループ 3 5 1 c、3 5 1 c とされている。

【 0 0 4 6 】

また図 3 に示すように、本発明に係る薄膜磁気ヘッド 3 0 0 は、スライダ 3 5 1 の端面 3 5 1 d 上に形成された絶縁層 3 6 2 に積層されており、絶縁層 3 6 2 上に積層された下部シールド層 3 6 3 と、下部シールド層 3 6 3 に積層された下部絶縁層 3 6 4 と、下部絶縁層 3 6 4 上に形成されて媒体対向面 3 5 2 上に露出する本発明に係るスピバルブ型薄膜磁気素子 1 と、スピバルブ型薄膜磁気素子 1 を覆う上部絶縁層 3 6 6 と、上部絶縁層 3 6 6 を覆う上部シールド層 3 6 7

とから構成されている。

また上部シールド層 3 6 7 は、後述するインダクティブヘッド h の下部コア層と兼用とされている。

#### 【 0 0 4 7 】

インダクティブヘッド h は、下部コア層（上部シールド層） 3 6 7 と、下部コア層 3 6 7 に積層されたギャップ層 3 7 4 と、コイル 3 7 6 と、コイル 3 7 6 を覆う上部絶縁層 3 7 7 と、ギャップ層 3 7 4 に接合され、かつコイル 3 7 6 側にて下部コア層 3 6 7 に接合される上部コア層 3 7 8 とから構成されている。

コイル 3 7 6 は、平面的に螺旋状となるようにパターン化されている。また、コイル 3 7 6 のほぼ中央部分にて上部コア層 3 7 8 の基端部 3 7 8 b が下部コア層 3 6 7 に磁氣的に接続されている。

また、上部コア層 3 7 8 には、アルミナなどからなるコア保護層 3 7 9 が積層されている。

#### 【 0 0 4 8 】

図 1 に示すように、本実施形態のスピンバルブ型薄膜磁気素子 1 は、フリー磁性層、非磁性導電層、固定磁性層及び反強磁性層が 1 層ずつ積層され、更に反強磁性層が下部絶縁層 3 6 4 側に配置されてなるボトム型のシングルスピンバルブ型薄膜磁気素子である。

#### 【 0 0 4 9 】

本実施形態のスピンバルブ型薄膜磁気素子 1 は、下部絶縁層 3 6 4（基板）上に、T a などからなる下地層 3、反強磁性層 4、固定磁性層 5、C u などからなる非磁性導電層 6、フリー磁性層 7 及び T a などからなる保護層 8 が順次積層されて形成された積層体 9 と、この積層体 9 の両側に形成されてフリー磁性層 7 の磁気モーメント方向を揃える C o P t 合金等からなる一対のハードバイアス層 3 2、3 2 と、少なくともハードバイアス層 3 2、3 2 上に形成されて検出電流（センス電流）を積層体 9 に与える C r、T a、W、A u、R h、C u などからなる一対のリード層 3 4、3 4 とを主体として構成されている。

#### 【 0 0 5 0 】

フリー磁性層 7 は、第 1 強磁性自由層 7 a と、第 1 非磁性中間層 7 b と、第 2

強磁性自由層 7 c とが積層されて構成されている。第 2 強磁性自由層 7 c の膜厚は、第 1 強磁性自由層 7 a の膜厚より小とされている。

第 1 強磁性自由層 7 a の磁気モーメント方向は、ハードバイアス層 3 2、3 2 のバイアス磁界によって図示 X1 方向に揃えられている。また第 2 強磁性自由層 7 c は、第 1 非磁性中間層 7 b を介して第 1 強磁性自由層 7 a と反強磁性的に結合し、その磁気モーメント方向が図示 X1 方向の反対方向に揃えられる。

#### 【 0 0 5 1 】

このように第 1、第 2 強磁性自由層 7 a、7 c の磁気モーメント方向が互いに反平行とされているため、それぞれの層の磁気モーメントが相互に打ち消し合う関係にあるが、第 1 強磁性自由層 7 a が第 2 強磁性自由層 7 c よりも厚く形成されているので、第 1 強磁性自由層 7 a の磁気モーメントが僅かに残存し、これによりフリー磁性層 7 全体の磁気モーメント方向が図示 X1 方向に揃えられる。

なお、第 1 強磁性自由層 7 a の膜厚を、第 2 強磁性自由層 7 c の膜厚より小としてもよく、この場合はフリー磁性層 7 全体の磁気モーメント方向が第 1 強磁性自由層 7 c の磁気モーメント方向に一致する。

#### 【 0 0 5 2 】

また第 1、2 強磁性自由層 7 a、7 c は、Ni Fe 合金、Co、Co Ni Fe 合金、Co Fe 合金、Co Ni 合金等により形成されるものであり、特に Ni Fe 合金より形成されることが好ましい。更に第 1、第 2 強磁性自由層 7 a、7 c は同一の材料で形成されることが好ましい。また第 1 非磁性中間層 7 b は、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cu のうちの 1 種またはこれらの合金からなることが好ましく、特に Ru により形成されることが好ましい。

第 1 強磁性自由層 7 a の膜厚は 3 ～ 6 nm の範囲が好ましく、第 2 強磁性自由層 7 c の膜厚は 0.5 ～ 4 nm の範囲が好ましく、第 1 非磁性中間層 7 b の膜厚は 0.7 ～ 0.9 nm の範囲が好ましい。

#### 【 0 0 5 3 】

フリー磁性層 7 は、第 1、第 2 強磁性自由層 7 a、7 c が反強磁性的に結合し、かつ第 1 強磁性自由層 7 a の磁気モーメントが残存しており、人工的なフェリ磁性状態 (synthetic ferrimagnet; シンセティックフェリ磁性) を示す層となる

。これによりフリー磁性層 7 の磁気モーメント方向が、微少な外部磁界の変化でも容易に変動することになり、スピバルブ型薄膜磁気素子 1 の再生感度を高くすることができる。

## 【 0 0 5 4 】

固定磁性層 5 は、第 1 強磁性ピンド層 5 a と、第 2 非磁性中間層 5 b と、第 2 強磁性ピンド層 5 c とが積層されて構成されている。第 2 強磁性ピンド層 5 c の膜厚は、第 1 強磁性ピンド層 5 a の膜厚より大とされている。

第 1 強磁性ピンド層 5 a の磁気モーメント方向は、反強磁性層 4 との交換結合磁界によって図示 Y 方向に固定され、また第 2 強磁性ピンド層 5 c は、第 2 非磁性中間層 5 b を介して第 1 強磁性ピンド層 5 a と反強磁性的に結合し、その磁気モーメント方向が図示 Y 方向の反対方向に固定される。

## 【 0 0 5 5 】

このように第 1、第 2 強磁性ピンド層 5 a、5 c の磁気モーメント方向が互いに反平行とされているため、それぞれの層の磁気モーメントが相互に打ち消し合う関係にあるが、第 2 強磁性ピンド層 5 c が第 1 強磁性ピンド層 5 a よりも厚く形成されているので、第 2 強磁性ピンド層 5 c の磁気モーメントが僅かに残存し、これにより固定磁性層 5 全体の磁気モーメント方向が図示 Y 方向の反対方向に固定される。

なお、第 2 強磁性ピンド層 5 c の膜厚を、第 1 強磁性ピンド層 5 a の膜厚より小としてもよく、この場合は固定磁性層 5 全体の磁気モーメント方向が第 1 強磁性ピンド層 5 a の磁気モーメント方向に一致する。

## 【 0 0 5 6 】

また第 1、2 強磁性ピンド層 5 a、5 c は、NiFe 合金、Co、CoNiFe 合金、CoFe 合金、CoNi 合金等により形成されるものであり、特に Co より形成されることが好ましい。更に第 1、第 2 強磁性ピンド層 5 a、5 c は同一の材料で形成されることが好ましい。また第 2 非磁性中間層 5 b は、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cu のうちの 1 種またはこれらの合金からなることが好ましく、特に Ru により形成されることが好ましい。

第 1 強磁性ピンド層 5 a の膜厚は 1 ～ 2.5 nm の範囲が好ましく、第 2 強磁

性ピンド層 5 c の膜厚は 2 ～ 3 n m の範囲が好ましく、第 2 非磁性中間層 5 b の膜厚は 0. 7 ～ 0. 9 n m の範囲が好ましい。

## 【 0 0 5 7 】

固定磁性層 5 は、第 1、第 2 強磁性ピンド層 5 a、5 c がそれぞれ反強磁性的に結合し、かつ第 2 強磁性ピンド層 5 c の磁気モーメントが残存しており、人工的なフェリ磁性状態 (synthetic ferrimagnet; シンセティックフェリ磁性) を示す層となる。これにより、固定磁性層 5 の磁気モーメント方向を強固に固定して固定磁性層 5 を安定させることができる。

また、フリー磁性層 7 の磁気モーメント方向と固定磁性層 5 の磁気モーメント方向とが交叉する関係になる。

## 【 0 0 5 8 】

なお、フリー磁性層 7 及び固定磁性層 5 はそれぞれ、2 つの強磁性層 (第 1、2 強磁性自由層 7 a、7 c、第 1、2 強磁性ピンド層 5 a、5 c) により構成されているが、これに限られず、2 以上の強磁性層により構成されていても良い。この場合には、これらの強磁性層の間に非磁性中間層がそれぞれ挿入されるとともに、隣接する強磁性層同士のそれぞれの磁気モーメント方向が反平行とされて全体がフェリ磁性状態とされていることが好ましい。

## 【 0 0 5 9 】

非磁性導電層 6 はフリー磁性層 7 と固定磁性層 5 との磁氣的な結合を小さくさせるとともに検出電流 (センス電流) が主に流れる層であり、Cu、Cr、Au、Ag などに代表される導電性を有する非磁性材料より形成されることが好ましく、特に Cu より形成されることが好ましい。また非磁性導電層 6 の膜厚は 2 ～ 3 n m の範囲とすることが好ましい。

## 【 0 0 6 0 】

反強磁性層 4 は、PtMn 合金で形成されていることが好ましい。PtMn 合金は、従来から反強磁性層として使用されている NiMn 合金や FeMn 合金などに比べて耐食性に優れ、しかもブロッキング温度が高く、交換結合磁界も大きい。

また、反強磁性層 4 は、XMn 合金、PtX' Mn 合金 (ただし前記組成式に

において、XはPt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのなかから選択される1種を示し、X'はPd、Cr、Ru、Ni、Ir、Rh、Os、Au、Ag、Ne、Ar、Xe、Krのなかから選択される1種または2種以上を示す)のいずれかより形成されていても良い。

## 【0061】

前記PtMn合金および前記XMnの式で示される合金において、PtあるいはXが37～63原子%の範囲であることが望ましい。より好ましくは、44～57原子%の範囲である。

さらにまた、PtX'Mnの式で示される合金において、X' + Ptが37～63原子%の範囲であることが望ましい。より好ましくは、44～57原子%の範囲である。

また反強磁性層4の膜厚は8～20nmの範囲とすることが好ましい。

## 【0062】

反強磁性層4として上記した適正な組成範囲の合金を使用し、これを磁場中熱処理することで、大きな交換結合磁界を発生する反強磁性層4を得ることができ、この交換結合磁界によって固定磁性層5の磁気モーメント方向を強固に固定できる。とくに、PtMn合金であれば、 $6.4 \times 10^4 \text{ A/m}$ を越える交換結合磁界を有し、交換結合磁界を失うブロッキング温度が653K (380℃)と極めて高い反強磁性層4を得ることができる。

## 【0063】

また反強磁性層4は、固定磁性層5やフリー磁性層7よりも図示X1方向両側に突出して形成されている。そして、この反強磁性層4の突出部4a、4a上に、絶縁層30、30、ハードバイアス層32、32、および、リード層34、34が順次積層されている。

また反強磁性層4の突出部4a、4a上および積層体9の側面9b、9bに位置する絶縁層30、30とハードバイアス層32、32との間には、Ta、WまたはCrからなるバイアス下地層31、31が積層されている。例えば、非磁性金属であって体心立方構造(bcc構造)であるCrからなるバイアス下地層31、31上にハードバイアス層32、32を形成すると、ハードバイアス層32



、32の保磁力および角形比が大きくなり、フリー磁性層7の単磁区化に必要なバイアス磁界を増大させることができる。

## 【0064】

ハードバイアス層32, 32は例えばC o P t (コバルト白金) 合金から構成され、積層体9の図示X<sub>1</sub> 方向両側、即ちトラック幅方向両側に設けられている。特にハードバイアス層32, 32はフリー磁性層7の図示X1 方向両側に位置させることにより、バイアス磁界をフリー磁性層7に効率よく印加してフリー磁性層7の磁気モーメント方向を揃え、バルクハウゼンノイズを低減することができる。

## 【0065】

積層体9のトラック幅方向の側面9b, 9bには、絶縁層30, 30が形成されており、この絶縁層30, 30は、積層体9の両側におけるハードバイアス層33, 33の下側から積層体9の側面9b, 9b、および、積層体9の図示X1方向の両端部分9a、9a上まで延在して形成されている。積層体9の図示X1方向の両端部分とは、積層体9のうちハードバイアス層32, 32に隣接する部分である。

また、ハードバイアス層32, 32上には絶縁膜33, 33が形成されている。この絶縁膜33, 33は、ハードバイアス層33, 33上積層体9側でそれぞれ絶縁層30, 30と接続されている。

## 【0066】

絶縁層30, 30および絶縁膜33, 33は、酸化アルミニウム、酸化シリコン、酸化タンタル、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ハフニウム、酸化クロム、酸化バナジウム、酸化ニオブのうちのいずれか1種またはこれら2種以上の混合物(複合酸化物)からなることが好ましく、また膜厚は0.5nm以上20nm以下の範囲であることが好ましい。

絶縁層30, 30は、積層体9の側面9b, 9b位置における、膜厚が0.5nm未満であると、絶縁膜33, 33にピンホールの生じてハードバイアス層32, 32と積層体9との間の絶縁が不完全であるおそれがあるので好ましくなく、膜厚が20nmを越えると、ハードバイアス層32, 32のバイアス磁界によ

ってフリー磁性層 7 の磁気モーメント方向を上記の方向に充分揃えることができなくなる可能性があるとともに、膜厚が増大してしまうことでスピバルブ型薄膜磁気素子 1 自体が厚くなり、ギャップ幅が拡大してしまうので好ましくない。

絶縁膜 3 3, 3 3 は、膜厚が 0. 5 nm 未満であると、絶縁膜 3 3, 3 3 にピンホールの生じるおそれがあるので好ましくなく、膜厚が 2 0 nm を越えるとスピバルブ型薄膜磁気素子 1 自体が厚くなり、ギャップ幅が拡大してしまうので好ましくない。

#### 【 0 0 6 7 】

次に一对のリード層 3 4, 3 4 は、絶縁膜 3 3, 3 3 を介してハードバイアス層 3 2, 3 2 上に形成され、更に絶縁層 3 0, 3 0 よりも積層体 9 の中央側まで延在している。すなわち、リード層 3 4, 3 4 には積層体 9 の一部上まで延在するオーバーレイ部 3 4 a、3 4 a がそれぞれ設けられ、このオーバーレイ部 3 4 a、3 4 a の先端部分 3 4 b、3 4 b が絶縁層 3 0, 3 0 よりも積層体 9 の中央側まで延在し、この先端部分 3 4 b、3 4 b が積層体 9 に接合している。

またリード層 3 4, 3 4 は、図示 X1 方向において相互に T w の間隔をあけて配置されている。この間隔 T w がスピバルブ型薄膜磁気素子 1 の光学的なトラック幅となる。

オーバーレイ部 3 4 a、3 4 a のトラック幅方向の幅は、図 1 において符号 W1 で示しており、0. 1  $\mu$  m 以上 0. 3  $\mu$  m 以下の範囲が好ましい。

オーバーレイ部 3 4 a、3 4 a の幅 W1 を上記の範囲とすることにより、バイアス磁界によって磁気モーメント方向が固定されるフリー磁性層の両端部分にセンス電流が流れることがなく、スピバルブ型薄膜磁気素子 1 のトラック幅を狭くするとともに感度を向上することができる。

#### 【 0 0 6 8 】

リード層 3 4, 3 4 は、先端部分 3 4 b、3 4 b のみが積層体 9 に接合し、先端部分 3 4 b、3 4 b 以外の部分は絶縁層 3 0, 3 0 によって積層体 9 から絶縁されるとともに、絶縁膜 3 3, 3 3 によってハードバイアス層 3 2, 3 2 から絶縁されている。

従ってリード層 3 4, 3 4 から積層体 9 に印加されるセンス電流は、図 1 中、

矢印 J で示すようにリード層 3 4, 3 4 の先端部分 3 4 b、3 4 b のみから積層体 9 に印加され、積層体 9 の側面 9 b, 9 b から積層体 9 に印加されることはない。

#### 【 0 0 6 9 】

尚、各リード層 3 4, 3 4 の先端部分 3 4 b、3 4 b の図示 X1 方向の幅 W2 は  $0.01\ \mu\text{m}$  以上  $0.05\ \mu\text{m}$  以下の範囲であることが好ましい。先端部分 3 4 b、3 4 b の幅が上記の範囲であれば、リード層 3 4, 3 4 と積層体 9 の接面積が広く確保されるために先端部分 3 4 b、3 4 b における接触抵抗が低減され、積層体 9 にセンス電流を効率よく与えることができる。

#### 【 0 0 7 0 】

一方、リード層 3 4, 3 4 とハードバイアス層 3 2, 3 2 の間は絶縁膜 3 3, 3 3 で絶縁されており、さらにハードバイアス層 3 2, 3 2 と積層体 9 の側面 9 b, 9 b との間は絶縁層 3 0, 3 0 で絶縁されているため、センス電流がハードバイアス層 3 2, 3 2 を介して積層体 9 の側面 9 b, 9 b に流入することがない。

さらに、オーバーレイ部 3 4 a, 3 4 a と積層体 9 の両端部分 9 a, 9 a の間には絶縁層 3 0, 3 0 が延在しているので、センス電流がオーバーレイ部 3 4 a, 3 4 a から積層体 9 の両端部分 9 a, 9 a に向けて流れることがない。

#### 【 0 0 7 1 】

従って積層体 9 のなかで最もセンス電流が集中するのは、リード層 3 4, 3 4 が形成されていない中央の部分であり、この中央部分において磁気抵抗 (MR) 効果が顕著となり、磁気記録媒体の漏れ磁界の検出感度が高くなる。そこで、この中央部分を図 1 に示すように感度領域 S と称する。

#### 【 0 0 7 2 】

一方、積層体 9 のうち、リード層の先端部分 3 4 b、3 4 b 及び絶縁層 3 0, 3 0 が被着されている部分 (両端部分 9 a, 9 a) においては、センス電流が少なくなって磁気抵抗 (MR) 効果が実質的に小さくなり、磁気記録媒体の漏れ磁界の検出感度が小さくなる。

また、積層体 9 の両端部分 9 a, 9 a では、フリー磁性層 7 の磁気モーメント

方向がハードバイアス層 3 2, 3 2 のバイアス磁界により強く固定されているので、磁気抵抗効果が発現しにくい状態になっている。

更に両端部分 9 a、9 a には絶縁層 3 0, 3 0 の存在によってセンス電流が全く流れないため、磁気抵抗効果が実質的に発現せず、磁気記録媒体の漏れ磁界の検出感度が 0 になる。

以上のことから、リード層の先端部分 3 4 b、3 4 b 及び絶縁層 3 0, 3 0 が被着されている部分（両端部分 9 a、9 a）を図 1 に示すように不感度領域 N と称することができる。

#### 【 0 0 7 3 】

このように、リード層 3 4、3 4 の先端部分 3 4 b、3 4 b のみを積層体 9 に接合させ、リード層 3 4、3 4 の他の部分を絶縁層 3 0, 3 0 で絶縁するとともに、積層体 9 の側面 9 b、9 b を絶縁層 3 0, 3 0 で絶縁することにより、実質的に磁気記録媒体からの記録磁界の再生に寄与する部分（感度領域 S）と、実質的に磁気記録媒体からの記録磁界の再生に寄与しない部分（不感度領域 N）とが形成され、感度領域 S の幅  $T_w$  がスピナルバルブ型薄膜磁気素子 1 のトラック幅となり、狭トラック化に対応することができる。

また、積層体 9 の感度領域 S にセンス電流を集中させることができ、感度領域 S における抵抗変化率が向上し、スピナルバルブ型薄膜磁気素子 1 の出力特性を向上できる。

特に、積層体 9 の両端部分 9 a、9 a では絶縁層 3 0, 3 0 によってセンス電流が遮断され、磁気抵抗効果が発現することなく検出感度が 0 になるので、スピナルバルブ型薄膜磁気素子 1 のサイドリーディングを防止することができる。

#### 【 0 0 7 4 】

次に、上記のスピナルバルブ型薄膜磁気素子 1 の製造方法を図面を参照して説明する。

この製造方法は、基板上に断面視略台形状の積層体を形成する積層体形成工程と、ハードバイアス層を積層するバイアス層形成工程と、絶縁膜形成工程と、第 2 レジスト形成工程と、エッチング工程と、リード層形成工程とからなる。

#### 【 0 0 7 5 】

まず、積層体形成工程では、図 4 に示すように、下部絶縁層 3 6 4（基板）上に下地層 3、反強磁性層 4、第 1 強磁性ピンド層 5 a、第 1 非磁性中間層 5 b、第 2 強磁性ピンド層 5 c、非磁性導電層 6、第 1 強磁性自由層 7 a、第 2 非磁性中間層 7 b、第 2 強磁性自由層 7 c 及び保護層 8 を順次積層して積層膜 9 c を形成する。

次に磁場中アニール処理等を行って反強磁性層 4 から固定磁性層 5 に交換結合磁界を発現させて固定磁性層 5 の磁化方向を固定する。

次に、積層膜 9 c 上に第 1 リフトオフレジスト L1 を形成する。第 1 リフトオフレジスト L1 は、積層膜 9 c に接する当接面 5 1 とこの当接面 5 1 を挟む両側面 5 2、5 2 とを具備してなるものであり、また当接面 5 1 と両側面 5 2、5 2 の間であって当接面 5 1 のトラック幅方向両側に一对の切込部 5 3、5 3 が設けられている。

#### 【 0 0 7 6 】

次に、図 5 に示すように、下部絶縁層 3 6 4（基板）の面内方向に対して角度  $\theta_{d2}$  の方向から、Ar 等の不活性ガス元素のイオンビーム等からなるエッチング粒子を積層膜 9 c に照射し、第 1 リフトオフレジスト L1 の両側面 5 2、5 2 よりも図示 X1 方向外側（トラック幅方向外側）にある積層膜 9 c を反強磁性層 4 の途中までエッチングする。

このようにして、断面視略台形状で側面 9 b、9 b を有する積層体 9 を形成する。ここまでの工程が積層体形成工程に相当する。なお、積層体 9 の反強磁性層 4 は、この層の途中までエッチングされたことによってその一部が残存し、図示 X1 方向両側に延出する延出部 4 a、4 a を有した状態とされている。

#### 【 0 0 7 7 】

また、エッチング粒子の照射は、Ar によるイオンミリングや、反応性イオンエッチング（RIE）等により行うことが好ましい。これらの方法は、エッチング粒子の直進性に優れており、エッチング粒子を特定の方向から照射できる。

また、エッチング粒子の照射方向を決める角度  $\theta_{d2}$  は  $60 \sim 90^\circ$  の範囲であることが好ましい。

角度  $\theta_{d2}$  は、例えばイオンガンのグリッドと、下部絶縁層 3 6 4 とのなす

角度を調整することにより規定することができる。

【 0 0 7 8 】

このように、角度  $\theta_{d2}$  からエッチング粒子を照射することにより、積層膜 9 c に対して異方性エッチングを行うことができ、第 1 リフトオフレジスト L1 の両側面 5 2、5 2 より外側にある積層膜 9 a をエッチングして、略台形状で側面 9 b、9 b を有する積層体 9 を形成することができる。

【 0 0 7 9 】

次に絶縁層形成工程においては、図 6 に示すように、イオンビームスパッタ法等を用いて、下部絶縁層 3 6 4 (基板) に対して角度  $\theta_{d1}$  (ただし  $\theta_{d2} > \theta_{d1}$ ) の方向からスパッタ粒子を堆積することにより、絶縁層 3 0、3 0 を形成する。このとき、スパッタ粒子は、第 1 リフトオフレジスト L1 のない反強磁性層 4 の延出部 4 a、4 a 上および積層体 9 の両側面 9 b、9 b 上に堆積するとともに、第 1 リフトオフレジスト L1 の切込部 5 3、5 3 にも入り込み、これにより絶縁層 3 0、3 0 が、反強磁性層 4 の延出部 4 a、4 a 上および積層体 9 の両側面 9 b、9 b 上、そして、切込部 5 3、5 3 に対応する位置にある積層体 9 の両端部分上まで延在して形成される。また、スパッタ粒子の堆積の際には、第 1 リフトオフレジスト L1 にもスパッタ粒子が堆積し、絶縁層 3 0 と同じ組成の層 3 0' が形成する。

【 0 0 8 0 】

ここで、角度  $\theta_{d1}$  は  $40 \sim 80^\circ$  の範囲であることが好ましい。

角度  $\theta_{d1}$  は角度  $\theta_{d2}$  より小さくすること、即ち下部絶縁層 3 6 4 表面に対して角度  $\theta_{d1}$  を角度  $\theta_{d2}$  より鋭角にすることが好ましい。角度  $\theta_{d1}$  は、例えばスパッタ用ターゲットの表面と、下部絶縁層 3 6 4 とのなす角度を調整することにより規定することができる。

このようにスパッタ粒子を角度  $\theta_{d1}$  の方向から堆積することにより、スパッタ粒子を切込部 5 3、5 3 に入り込ませ、これにより絶縁層 3 0、3 0 を反強磁性層 4 の延出部 4 a、4 a および積層体 9 の側面 9 b、9 b 上から積層体 9 の両端部分 9 a、9 a まで延在させて形成することができる。

【 0 0 8 1 】

次にバイアス層形成工程においては、図 7 に示すように、イオンビームスパッタ法等を用いて、下部絶縁層 3 6 4 (基板) に対して角度  $\theta_{d2}$  の方向から別のスパッタ粒子を積層体 9 の両側に堆積することにより、バイアス下地層 3 1 とハードバイアス層 3 2 を積層する。ここで、角度  $\theta_{d2}$  は  $60 \sim 90^\circ$  の範囲であることが好ましく、積層体形成工程におけるエッチング角度とほぼ同等の範囲に設定されることができる。

ここで、バイアス下地層 3 1 及びハードバイアス層 3 2 は、積層体 9 の両側に延在する反強磁性層 4 の延出部 4 a、4 a 上および積層体 9 の側面 9 b、9 b 上に位置する絶縁層 3 0、3 0 上に積層する。また、ハードバイアス層 3 2、3 2 は、少なくともフリー磁性層 7 と同じ階層位置まで積層することが好ましい。

また、別のスパッタ粒子の堆積の際には、第 1 リフトオフレジスト L1 にもスパッタ粒子が堆積し、層 3 0' 上にバイアス下地層 3 1 及びハードバイアス層 3 2 と同じ組成の層 3 1'、3 2' が形成する。

#### 【 0 0 8 2 】

さらに絶縁膜形成工程では、図 7 に示すように、下部絶縁層 3 6 4 (基板) に対して角度  $\theta_{d2}$  方向からスパッタ粒子をハードバイアス層 3 2、3 2 上に堆積して絶縁層 3 0、3 0 と同じ組成の絶縁膜 3 3、3 3 を形成する。スパッタ粒子の堆積の際には、第 1 リフトオフレジスト L1 にもスパッタ粒子が堆積し、絶縁膜 3 3 と同じ組成の層 3 3' が形成する。

このスパッタ粒子の堆積は、上記と同様にイオンビームスパッタ法等により行うことが好ましく、このときのスパッタ角度  $\theta_{d2}$  は  $60 \sim 90^\circ$  の範囲であることが好ましく、積層体形成工程におけるエッチング角度とほぼ同等の範囲に設定されることができる。

#### 【 0 0 8 3 】

ここで、絶縁膜形成工程において、スパッタ角度  $\theta_{d1}$  の方向からスパッタ粒子を堆積することも可能である。この場合には積層体 9 の両端部分 9 a、9 a に位置する絶縁層 3 0、3 0 上に絶縁膜 3 3、3 3 を積層する。

#### 【 0 0 8 4 】

次に第 2 レジスト形成工程では、図 8 に示すように、第 1 リフトオフレジスト

L1 を除去した後に、積層体 9 の上面のほぼ中央に第 2 リフトオフレジスト L2 を形成する。第 2 リフトオフレジスト L2 は、積層体 9 に接する当接面 5 7 とこの当接面 5 7 を挟む両側面 5 8、5 8 とを具備してなるものであり、また当接面 5 7 と両側面 5 8、5 8 の間であって当接面 5 7 の図示 X1 方向両側に一对の切込部 5 9、5 9 が設けられている。また当接面 5 7 の図示 X1 方向の幅は、第 1 リフトオフレジスト L1 の当接面 5 4 の幅より狭幅とされている。

このように、第 2 リフトオフレジスト L2 を形成することにより、切込部 5 9、5 9 に対応する位置にある保護層 8（積層体 9）の一部が露出する。この露出部分 9 d、9 d は、絶縁膜形成工程において第 1 リフトオフレジストに覆われていた部分が、狭幅な第 2 リフトオフレジスト L2 を形成したことによって露出したものである。

#### 【 0 0 8 5 】

露出部分 9 d、9 d の図示 X1 方向の幅は、第 1 リフトオフレジスト L1 の当接面 5 1 の図示 X1 方向幅と第 2 リフトオフレジスト L2 の当接面 5 7 の図示 X1 方向幅との寸法差により規定される。この露出部分 9 d、9 d の幅は、図 1 におけるリード層 3 4 の先端部分 3 4 b の幅 W2 に相当する。従って第 1、第 2 リフトオフレジスト L1、L2 の大きさによって露出部分 9 d、9 d の幅を精密に制御することができ、リード層 3 4 の接触面積を制御してセンス電流を効率よく積層体 9 に印加できるように構成することができる。

#### 【 0 0 8 6 】

次にエッチング工程では、図 9 に示すように別のエッチング粒子を照射して、先の工程で露出した露出部分 9 d、9 d をエッチングする。このとき、絶縁膜 3 3、3 3 も同時にエッチングされて膜厚が薄くなる。

露出部分 9 d、9 d には、第 2 レジスト工程にて第 1 リフトオフレジスト L1 の除去や第 2 リフトオフレジスト L2 の形成をした際に様々な汚染物が付着し、表面が汚染された状態にある。このままの状態では後の工程でリード層 3 4 を形成すると、リード層 3 4 と積層体 9 の接触抵抗が増加するおそれがあるので、本工程にて露出部分 9 d、9 d をエッチングにより清浄化する。

#### 【 0 0 8 7 】



そして、リード層形成工程では、図 1 0 に示すように、他のスパッタ粒子を絶縁膜 3 3, 3 3 上に堆積してリード層 3 4, 3 4 を形成する。このとき他のスパッタ粒子が第 2 リフトオフレジスト L2 の切込部 5 9, 5 9 にも入り込み、これによりリード層 3 4, 3 4 が切込部 5 9, 5 9 に対応する位置にある絶縁膜 3 3, 3 3 及び露出部分 9 d, 9 d 上まで延在して形成される。

また、他のスパッタ粒子の堆積の際には、第 2 リフトオフレジスト L2 にも他のスパッタ粒子が堆積し、リード層 3 4 と同じ組成の層 3 4' が形成する。

#### 【 0 0 8 8 】

他のスパッタ粒子の堆積は、上記の場合と同様にイオンビームスパッタ法等により行うことが好ましい。

また、他のスパッタ粒子の照射角度は、エッチング工程でのスパッタ粒子の照射角度とほぼ同じにすることが好ましい。

#### 【 0 0 8 9 】

このように、他のスパッタ粒子を切込部 5 9, 5 9 までに入り込ませ、露出部分 9 d, 9 d 上までリード層 3 4, 3 4 を形成することにより、積層体 9 の中央に向けて延在するオーバーレイ部 3 4 a, 3 4 a を形成することができ、更にオーバーレイ部の先端部分 3 4 b, 3 4 b を積層体 9 に直接に接合させることができる。

#### 【 0 0 9 0 】

最後に、第 2 リフトオフレジスト L2 を除去し、着磁処理等を行ってハードバイアス層 3 2、3 2 にバイアス磁界を発現させてフリー磁性層 7 の磁気モーメント方向を図示 X1 方向に揃えさせることにより、図 1 に示すスピバルブ型薄膜磁気素子 1 が得られる。

#### 【 0 0 9 1 】

上記のスピバルブ型薄膜磁気素子 1 の製造方法によれば、角度  $\theta_{d1}$  の方向からスパッタ粒子を堆積させて積層体 9 の側面 9 b, 9 b から第 1 リフトオフレジスト L1 の切込部 5 3, 5 3 に対応する位置まで絶縁層 3 0, 3 0 を形成し、更に第 2 リフトオフレジスト L2 の切込部 5 9, 5 9 に対応する位置までリード層 3 4, 3 4 を形成するので、絶縁膜 3 3, 3 3 を積層体 9 のトラック幅両端部 9

d, 9 d 上まで延在させるとともに、リード層 3 4, 3 4 を絶縁層 3 0, 3 0 よりも積層体 9 の中央方向に延在させて積層体 9 に接合させることができ、側面 9 b, 9 b からの検出電流の分流成分の流入を阻止してサイドリーディングを防止することが可能なスピバルブ型薄膜磁気素子 1 を製造できる。

#### 【 0 0 9 2 】

次に、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子 1 の他の実施形態を図面を参照して説明する。

この実施形態における構成では、図 1 1 に示すように、積層体 9 の両端部分 9 a、9 a に絶縁層 3 0, 3 0 のかわりに絶縁膜 3 3, 3 3 が延在している点が上記の実施形態と異なっており、これ以外の略同等の構成要素には同一の符号を付してその説明を省略する。ここで、絶縁層 3 0, 3 0 絶縁膜 3 3, 3 3 とは略同等の材質からなるため、このスピバルブ型薄膜磁気素子 1 においては、上記の実施形態と同様の効果を得ることができる。

#### 【 0 0 9 3 】

さらに、この他の製造方法において、先の実施形態における製造方法と異なる点は、ハードバイアス層を形成した後に第 2 リフトオフレジストを形成し、更に絶縁膜及びリード層の形成を行う点である。

この他の製造方法は、積層体形成工程と、絶縁層形成工程と、バイアス層形成工程と、第 2 レジスト形成工程と、絶縁膜形成工程と、エッチング工程と、リード層形成工程とから構成されている。

#### 【 0 0 9 4 】

まず積層体形成工程では、図 4 で説明したのと同様にして下地層 3 から保護層 8 を順次積層して積層膜 9 c を形成し、磁場中アニール処理等を行って反強磁性層 4 から固定磁性層 5 に交換結合磁界を発現させて固定磁性層 5 の磁化方向を固定し、この積層膜 9 c 上に第 1 リフトオフレジスト L1 を形成する。第 1 リフトオフレジスト L1 は、積層膜 9 c に接する当接面 5 1 とこの当接面 5 1 を挟む両側面 5 2、5 2 とを具備してなるものであり、また当接面 5 1 と両側面 5 2、5 2 の間であって当接面 5 1 のトラック幅方向両側には、一对の切込部 5 3、5 3 が設けられている。

## 【 0 0 9 5 】

次に図 1 2 に示すように、図 5 と同様にして、下部絶縁層 3 6 4（基板）に対してエッチング粒子を積層膜 9 c に照射し、第 1 リフトオフレジスト L1 の両側面 5 2、5 2 よりも図示 X1 方向外側（トラック幅方向外側）にある積層膜 9 c を反強磁性層 4 の途中までエッチングする。

このときの、エッチング粒子の照射方向を決める角度は角度  $\theta_{d2}$  と同等の  $60 \sim 90^\circ$  の範囲であることが好ましい。

このようにして断面視略台形状で側面 9 b、9 b を有する積層体 9 を形成する。なお、積層体 9 の反強磁性層 4 は、この層の途中までエッチングされたことによってその一部が残存し、図示 X1 方向両側に延出する延出部 4 a、4 a を積層体 9 の両側に有している。

## 【 0 0 9 6 】

次に図 1 3 に示すように、図 6 と同様にしてスパッタ粒子を積層体 9 の両側に堆積することにより、絶縁層 3 0 とバイアス下地層 3 1 とハードバイアス層 3 2 を積層する。（絶縁層形成工程、バイアス層形成工程）絶縁層 3 0、バイアス下地層 3 1、および、ハードバイアス層 3 2 は、積層体 9 の側面 9 b、9 b および、積層体 9 の両側に延在する反強磁性層 4 の延出部 4 a、4 a 上に積層する。また、ハードバイアス層 3 2、3 2 は、少なくともフリー磁性層 7 と同じ階層位置まで積層することが好ましい。

このときの、スパッタ粒子の照射方向を決める角度は角度  $\theta_{d2}$  と同等の  $60 \sim 90^\circ$  の範囲であることが好ましい。

また、スパッタ粒子の堆積の際には、第 1 リフトオフレジスト L1 にもスパッタ粒子が堆積し、絶縁層 3 0、バイアス下地層 3 1 およびハードバイアス層 3 2 と同じ組成の層 3 0' 3 1'、3 2' が形成する。

## 【 0 0 9 7 】

次に第 2 レジスト形成工程では、図 1 4 に示すように、第 1 リフトオフレジスト L1 を除去した後に、積層体 9 上に第 2 リフトオフレジスト L12 を形成する。第 2 リフトオフレジスト L12 は、積層体 9 に接する当接面 6 0 とこの当接面 6 0 を挟む両側面 6 1、6 1 とを具備してなるものであり、また当接面 6 0 と両側面

6 1、6 1の間であって当接面 6 0 の図示 X1 方向両側には、一对の切込部 6 2、6 2 が設けられている。

当接面 6 0 の図示 X1 方向の幅は、第 1 リフトオフレジスト L1 の当接面 5 1 の幅より小とされている。

また、両側面 6 1、6 1 同士の間隔は第 1 リフトオフレジスト L1 の両側面 5 2、5 2 同士の間隔より小とされ、更に両側面 6 1、6 1 同士の間隔は積層体 9 の上面のトラック幅方向の寸法より小とされている。

#### 【 0 0 9 8 】

次に絶縁膜形成工程では、図 1 5 に示すように、下部絶縁層 3 6 4（基板）に対して角度  $\theta_{d3}$  の方向から別のスパッタ粒子を堆積し、第 2 リフトオフレジスト L12 の両側面 6 1、6 1 より図示 X1 方向外側に絶縁膜 3 3、3 3 を形成する。

絶縁膜 3 3、3 3 は、両側面 6 1、6 1 より図示 X1 方向外側に位置する積層体 9 の両端部分 9 a、9 a からハードバイアス層 3 2、3 2 上に延在して形成される。

別のスパッタ粒子は、角度  $\theta_{d3}$  の方向より堆積されるため、第 2 リフトオフレジスト L12 の切込部 6 2、6 2 には入り込まない。これにより、切込部 6 2、6 2 に対応する位置にある積層体 9 の露出部分 9 c、9 c には絶縁膜 3 3、3 3 が形成されない。

また、別のスパッタ粒子の堆積の際には、第 2 リフトオフレジスト L12 にも別のスパッタ粒子が堆積し、絶縁膜 3 3 と同じ組成の層 3 3' が形成する。

#### 【 0 0 9 9 】

別のスパッタ粒子の堆積は、上記の場合と同様にイオンビームスパッタ法等により行うことが好ましい。

また、角度  $\theta_{d3}$  は  $60 \sim 90^\circ$  の範囲であることが好ましい。角度  $\theta_{d3}$  が  $60^\circ$  未満であると、スパッタ粒子が第 2 リフトオフレジスト L12 の切込部 6 2、6 2 に入り込んでしまい、後の工程にてリード層を積層体に接合させることができなくなるので好ましくなく、角度  $\theta_{d3}$  が  $90^\circ$  を越えると、絶縁膜 3 3、3 3 の端部の位置を両側面 6 1、6 1 の位置に合わせることができなくなるので好ましくない。

角度 $\theta_{d3}$ は、例えばスパッタ用ターゲットの表面と、下部絶縁層 3 6 4 とのなす角度を調整することにより規定することができる。

#### 【0 1 0 0】

このように別のスパッタ粒子を角度 $\theta_{d3}$ の方向から堆積することにより、切込部 6 2，6 2 に対応する位置にある積層体 9 の一部（露出部分 9 d，9 d）に絶縁膜 3 3 を形成させることなく、絶縁膜 3 3，3 3 をハードバイアス層 3 2，3 2 上から積層体 9 の両端部分 9 a，9 a まで延在させて形成することができる。

#### 【0 1 0 1】

次にエッチング工程では、図 1 6 に示すように角度 $\theta_{d4}$ の（ $\theta_{d3} > \theta_{d4}$ ）方向からべつのエッチング粒子を照射し、このエッチング粒子を切込部 6 2，6 2 まで入り込ませることにより、積層体 9 の露出部分 9 d，9 d をエッチングする。このとき、絶縁膜 3 3，3 3 も同時にエッチングされて膜厚が薄くなる。

露出部分 9 d，9 d には、第 2 レジスト工程にて第 1 リフトオフレジスト L1 の除去や第 2 リフトオフレジスト L12 の形成をした際に様々な汚染物が付着し、表面が汚染された状態にある。このままの状態では後の工程でリード層 3 4 を形成すると、リード層 3 4 と積層体 9 の接触抵抗が増加するおそれがあるので、本工程にて露出部分 9 d，9 d をエッチングして清浄化する。

#### 【0 1 0 2】

角度 $\theta_{d4}$ は 4 0 ～ 8 0 ° の範囲であることが好ましい。

角度 $\theta_{d4}$ は角度 $\theta_{d3}$ より小さくすること、即ち下部絶縁層 3 6 4 表面に対して角度 $\theta_{d4}$ を角度 $\theta_{d3}$ より鋭角にすることが好ましい。角度 $\theta_{d4}$ は、例えばイオングンのグリッドと、下部絶縁層 3 6 4 とのなす角度を調整することにより規定することができる。

角度 $\theta_{d4}$ を上記の範囲とするとともに角度 $\theta_{d3}$ より小さくすることにより、エッチング粒子を切込部 6 2，6 2 まで入り込ませることができ、積層体 9 の露出部分 9 d，9 d をエッチングすることができる。

#### 【0 1 0 3】

角度 $\theta_{d4}$ を 4 0 ° 未満とすると、第 2 リフトオフレジスト L12 自体が過剰にエ

ッチングされ、後でリード層を形成する際にリード層の寸法に狂いが生じるおそれがあるので好ましくなく、角度  $\theta_{d4}$  が  $80^\circ$  を越えると、エッチング粒子を切込部 6 2, 6 2 まで入り込ませることができなくなり、積層体 9 の露出部分 9 d, 9 d を完全にエッチングできなくなるおそれがあるので好ましくない。

## 【 0 1 0 4 】

そして、リード層形成工程では、図 1 7 に示すように、下部絶縁層 3 6 4 に対して角度  $\theta_{d4}$  の方向から他のスパッタ粒子を絶縁膜 3 3, 3 3 上に堆積してリード層 3 4, 3 4 を形成する。このとき他のスパッタ粒子が第 2 リフトオフレジスト L12 の切込部 6 2, 6 2 にも入り込み、これによりリード層 3 4, 3 4 が切込部 6 2, 6 2 に対応する位置にある露出部分 9 d, 9 d 上まで延在して形成される。

また、他のスパッタ粒子の堆積の際には、第 2 リフトオフレジスト L12 にもこのスパッタ粒子が堆積し、リード層 3 4 と同じ組成の層 3 4' が形成する。

## 【 0 1 0 5 】

他のスパッタ粒子の堆積は、上記の場合と同様に、イオンビームスパッタ法等により行うことが好ましい。

また、他のスパッタ粒子の照射角度  $\theta_{d4}$  は、このスパッタ粒子を第 2 リフトオフレジスト L12 の切込部 6 2, 6 2 まで入り込ませる必要があることから、エッチング工程でのエッチング粒子の照射角度  $\theta_{d4}$  と同一にすることが好ましい。

## 【 0 1 0 6 】

このように、他のスパッタ粒子を切込部 6 2, 6 2 に入り込ませ、露出部分 9 c, 9 c 上までリード層 3 4, 3 4 を形成することにより、積層体 9 の中央に向けて延在するオーバーレイ部 3 4 a, 3 4 a を形成することができ、更にオーバーレイ部の先端部分 3 4 b, 3 4 b を積層体 9 に直接に接合させることができる。

## 【 0 1 0 7 】

最後に、第 2 リフトオフレジスト L12 を除去し、着磁処理等を行ってハードバイアス層 3 2, 3 2 にバイアス磁界を発現させてフリー磁性層 7 の磁気モーメント方向を図示 X1 方向に揃えさせることにより、図 1 1 に示すスピバルブ型薄

膜磁気素子 1 が得られる。

#### 【 0 1 0 8 】

上記のスピンバルブ型薄膜磁気素子 1 の製造方法によれば、積層体 9 の側面 9 b、9 b に絶縁層 3 0、3 0 を形成した後に、角度  $\theta_{d3}$  の方向からスパッタ粒子を堆積させて第 2 リフトオフレジスト L1 の両側面 6 1、6 1 より図示 X1 方向外側に絶縁膜 3 3、3 3 を形成し、更に角度  $\theta_{d4}$  の方向からスパッタ粒子を堆積させて第 2 リフトオフレジスト L12 の切込部 6 2、6 2 に対応する位置までリード層 3 4、3 4 を形成するので、絶縁膜 3 3、3 3 を積層体 9 のトラック幅両端部 9 a、9 a 上まで延在させるとともに絶縁層 3 0、3 0 に接合し、リード層 3 4、3 4 を絶縁膜 3 3、3 3 よりも積層体 9 の中央方向に延在させて積層体 9 に接合させることができ、サイドリーディングを防止することが可能なスピンバルブ型薄膜磁気素子 1 を製造できる。

#### 【 0 1 0 9 】

##### 〔第 2 の実施形態〕

次に、本発明の第 2 の実施形態を図面を参照して説明する。図 1 8 に、本発明の第 2 の実施形態であるスピンバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 を磁気記録媒体側からみた断面模式図を示す。

#### 【 0 1 1 0 】

図 1 8 に示すスピンバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 は、第 1 の実施形態のスピンバルブ型薄膜磁気素子 1 と同様に薄膜磁気ヘッドを構成し、この薄膜磁気ヘッドはインダクティブヘッドとともに浮上式磁気ヘッドを構成する。

#### 【 0 1 1 1 】

このスピンバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 は、フリー磁性層 1 0 7 の厚さ方向両側に、第 1、第 2 非磁性導電層 1 0 6、1 0 8、第 1、第 2 固定磁性層 1 0 5、1 0 9、第 1、第 2 反強磁性層 1 0 4、1 1 0 が順次積層されてなるデュアルスピンバルブ型薄膜磁気素子である。

#### 【 0 1 1 2 】

即ちこのスピンバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 は、下部絶縁層 3 6 4 に積層された下地層 1 0 3 上に、第 1 反強磁性層 1 0 4、第 1 固定磁性層 1 0 5、第 1 非磁

性導電層 1 0 6、フリー磁性層 1 0 7、第 2 非磁性導電層 1 0 8、第 2 固定磁性層 1 0 9、第 2 反強磁性層 1 1 0 及び保護層 1 1 1 が順次積層されて構成されている。

このように下地層 1 0 3 から保護層 1 1 1 間での各層が順次積層されて断面視略台形状の積層体 1 1 2 が形成されている。

またこのスピバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 は、積層体 1 1 2 の両側に形成されてフリー磁性層 1 0 7 の磁気モーメント方向を揃える C o P t 合金等からなる一対のハードバイアス層 1 3 2、1 3 2 と、このハードバイアス層 1 3 2、1 3 2 上に形成されて検出電流を積層体 1 1 2 に与える C r、T a、A u、W、R h、C u 等からなる一対のリード層 1 3 4、1 3 4 が備えられている。

#### 【 0 1 1 3 】

このスピバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 が先に説明した第 1 の実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子 1 と異なる点は、積層体 1 1 2 がデュアルスピバルブ型構造を有する点である。

#### 【 0 1 1 4 】

フリー磁性層 1 0 7 は、C o 等よりなる第 1 拡散防止層 1 0 7 a と、N i F e 合金よりなる強磁性自由層 1 0 7 b と、C o 等よりなる第 2 拡散防止層 1 0 7 c とが積層されて構成されている。第 1、第 2 拡散防止層 1 0 7 a、1 0 7 c は、強磁性自由層 1 0 7 b と第 1、第 2 非磁性導電層 1 0 6、1 0 8 との相互拡散を防止する。

第 1、第 2 拡散防止層 1 0 7 a、1 0 7 c の膜厚は 0. 2 ～ 1 n m の範囲が好ましく、強磁性自由層 1 0 7 b の膜厚は 1 ～ 5 n m の範囲が好ましい。

フリー磁性層 1 0 7 の磁気モーメント方向は、ハードバイアス層 1 3 2、1 3 2 のバイアス磁界によって図示 X1 方向に揃えられる。このようにフリー磁性層 1 0 7 が単磁区化されることにより、スピバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 のバルクハウゼンノイズを低減できる。

#### 【 0 1 1 5 】

次に、第 1、第 2 反強磁性層 1 0 4、1 1 0 は、第 1、第 2 固定磁性層 1 0 5、1 0 9 の磁気モーメント方向を固定するものであり、第 1 の実施形態の反強磁



性層 4 と同一の材料である P t M n 合金より形成されていることが好ましい。

また、第 1、第 2 反強磁性層 1 0 4、1 1 0 は、第 1 の実施形態の反強磁性層 4 と同様に、X M n 合金、P t X' M n 合金（ただし前記組成式において、X は P t、P d、I r、R h、R u、O s のなかから選択される 1 種を示し、X' は P d、C r、R u、N i、I r、R h、O s、A u、A g、N e、A r、X e、K r のなかから選択される 1 種または 2 種以上を示す）のいずれかより形成されていても良い。

P t M n 合金、X M n 合金、P t X' M n 合金の組成、膜厚等は、第 1 の実施形態の反強磁性層 4 とほぼ同じである。

#### 【0 1 1 6】

ただし、特に第 2 反強磁性層 1 1 0 の膜厚は 1 2 n m 以下であることが好ましく、8 n m 以上 1 2 n m 以下であることがより好ましい。

比較的高比抵抗な第 2 反強磁性層 1 1 0 の膜厚を 1 2 n m 以下と比較的薄くすることにより、リード層 1 3 4、1 3 4 により印加されるセンス電流を、積層体 1 1 2 に効率よく流すことができる。

また、第 2 反強磁性層 1 1 0 を 8 n m 以上とすることにより、第 2 固定磁性層 1 0 9 の磁気モーメント方向を固定するための交換結合磁界を十分に大きくすることができ、第 2 固定磁性層 1 0 9 の磁気モーメント方向を強固に固定することができる。

#### 【0 1 1 7】

第 1、第 2 反強磁性層 1 0 4、1 1 0 として上記した適正な組成範囲の合金を使用し、これを磁場中熱処理することで、大きな交換結合磁界を発生する第 1、第 2 反強磁性層 1 0 4、1 1 0 を得ることができ、この交換結合磁界によって第 1、第 2 固定磁性層 1 0 5、1 0 9 の磁気モーメント方向を強固に固定できる。とくに、P t M n 合金であれば、 $6.4 \times 10^4 \text{ A/m}$  を越える交換結合磁界を有し、交換結合磁界を失うブロッキング温度が 6 5 3 K (3 8 0 °C) と極めて高い第 1、第 2 反強磁性層 1 0 4、1 1 0 を得ることができる。

#### 【0 1 1 8】

次に、第 1 固定磁性層 1 0 5 は、第 1 強磁性ピンド層 1 0 5 a と第 1 非磁性中

間層 1 0 5 b と第 2 強磁性ピンド層 1 0 5 c とが積層されて構成されている。第 2 強磁性ピンド層 1 0 5 c の膜厚は、第 1 強磁性ピンド層 1 0 5 a の膜厚より大とされている。

第 1 強磁性ピンド層 1 0 5 a の磁気モーメント方向は、第 1 反強磁性層 1 0 4 との交換結合磁界によって図示 Y 方向に固定され、また第 2 強磁性ピンド層 1 0 5 c は、第 1 強磁性ピンド層 1 0 5 a と反強磁性的に結合してその磁気モーメント方向が図示 Y 方向の反対方向に固定されている。

#### 【 0 1 1 9 】

このように、第 1、第 2 強磁性ピンド層 1 0 5 a、1 0 5 c の磁気モーメント方向が互いに反平行とされているため、それぞれの層の磁気モーメントが相互に打ち消し合う関係にあるが、第 2 強磁性ピンド層 1 0 5 c が第 1 強磁性ピンド層 1 0 5 a よりも厚く形成されているので、第 2 強磁性ピンド層 1 0 5 c の磁気モーメントが僅かに残存し、これにより第 1 固定磁性層 1 0 5 全体の磁気モーメント方向が図示 Y 方向の反対方向に固定される。

#### 【 0 1 2 0 】

第 2 固定磁性層 1 0 9 は、第 3 強磁性ピンド層 1 0 9 a と第 2 非磁性中間層 1 0 9 b と第 4 強磁性ピンド層 1 0 9 c とが積層されて構成されている。第 4 強磁性ピンド層 1 0 9 c の膜厚は、第 3 強磁性ピンド層 1 0 9 a の膜厚より大とされている。

第 4 強磁性ピンド層 1 0 9 c の磁気モーメント方向は、第 2 反強磁性層 1 1 0 との交換結合磁界によって図示 Y 方向に固定され、また第 3 強磁性ピンド層 1 0 9 a は、第 4 強磁性ピンド層 1 0 9 c と反強磁性的に結合してその磁気モーメント方向が図示 Y 方向の反対方向に固定されている。

#### 【 0 1 2 1 】

このように第 1 固定磁性層 1 0 5 の場合と同様に、第 3、第 4 強磁性ピンド層 1 0 9 a、1 0 9 c のそれぞれの磁気モーメントが相互に打ち消し合う関係にあるが、第 4 強磁性ピンド層 1 0 9 c が第 3 強磁性ピンド層 1 0 9 a より厚く形成されているので、第 4 強磁性ピンド層 1 0 9 c の磁気モーメントが僅かに残存し、第 2 固定磁性層 1 0 9 全体の磁気モーメント方向が図示 Y 方向に固定される。

## 【0122】

従って第1、第2固定磁性層105、109は、第1～第4強磁性ピンド層105a、105c、109a、109cがそれぞれ反強磁性的に結合し、かつ第2、第3強磁性ピンド層105c、109aの磁気モーメントがそれぞれ残存しており、人工的なフェリ磁性状態 (synthetic ferrimagnet; シンセティックフェリ磁性) を示す層となる。

また、フリー磁性層107の磁気モーメント方向と第1、第2固定磁性層105、109の磁気モーメント方向とが交叉する関係になる。

## 【0123】

また、図18に示すように、第1固定磁性層105を構成する強磁性ピンド層のうちフリー磁性層107の近くに位置する第2強磁性ピンド層105cの磁気モーメント方向と、第2固定磁性層109を構成する強磁性ピンド層のうちフリー磁性層107の近くに位置する第3強磁性ピンド層109aの磁気モーメント方向が同一であるので、フリー磁性層107と第1、第2固定磁性層105、109との間でそれぞれ発現する磁気抵抗効果が相互に打ち消し合うことがなく、高い磁気抵抗変化率を示すことができる。

## 【0124】

尚、第1～第4強磁性ピンド層105a、105c、109a、109cは、NiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等により形成されるものであり、特にCoより形成されることが好ましい。更に第1～第4強磁性ピンド層105a、105c、109a、109cは、同一の材料で形成されることが好ましい。

また、第1、第2非磁性中間層105b、109bは、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cuのうちの1種またはこれらの合金からなることが好ましく、特にRuにより形成されることが好ましい。

第1、第4強磁性ピンド層105a、109cの膜厚は1～3nmの範囲が好ましく、第2、第3強磁性ピンド層105c、109aの膜厚は2～3nmの範囲が好ましい。

また、第1、第2非磁性中間層105b、109bの膜厚は0.7～0.9nm

mの範囲が好ましい。

【0125】

なお、第1、第2固定磁性層105、109はそれぞれ2つの強磁性ピンド層105a、105c、109a、109cにより構成されているが、これに限られず、2以上の強磁性ピンド層により構成されていても良い。この場合には、これらの強磁性ピンド層の間に非磁性中間層がそれぞれ挿入されるとともに、隣接する強磁性ピンド層同士のそれぞれの磁気モーメント方向が反平行とされて全体がフェリ磁性状態とされていることが好ましい。

【0126】

このように、第1、第2固定磁性層105、109がいわゆる人工的なフェリ磁性状態 (synthetic ferrimagnet; シンセティックフェリ磁性) を示す層であるので、第1、第2固定磁性層105、109の磁気モーメント方向を強固に固定して第1、第2固定磁性層105、109を安定させることができる。

【0127】

次に、第1、第2非磁性導電層106、108は、フリー磁性層107と第1、第2固定磁性層105、109との磁気的な結合を小さくさせるとともにセンス電流が主に流れる層であり、Cu、Cr、Au、Agなどに代表される導電性を有する非磁性材料より形成されることが好ましく、特にCuより形成されることが好ましい。

第1、第2非磁性導電層106、108の膜厚は、それぞれ2～3nmの範囲とすることが好ましい。

【0128】

また第1反強磁性層104は、フリー磁性層107よりも図示X1方向両側に突出して形成されている。そして、この第1反強磁性層104の突出部104a、104a上に、絶縁層130、130、ハードバイアス層132、132、絶縁膜133、133、およびリード層134、134が順次積層されている。

第1反強磁性層104の突出部104a、104a上および積層体112の側面112b、112bに位置する絶縁層130、130とハードバイアス層132、132との間には、Ta、WまたはCrからなるバイアス下地層131、1

3 1 が積層されている。C r からなるバイアス下地層 1 3 1、1 3 1 上にハードバイアス層 1 3 2、1 3 2 を形成すると、ハードバイアス層 1 3 2、1 3 2 の保磁力および角形比が大きくなり、フリー磁性層 1 0 7 の単磁区化に必要なバイアス磁界を増大させることができる。

## 【 0 1 2 9 】

ハードバイアス層 1 3 2、1 3 2 は例えば C o P t (コバルト白金) 合金から構成され、積層体 1 1 2 の図示 X<sub>1</sub> 方向両側、即ちトラック幅方向両側に設けられている。特にハードバイアス層 1 3 2、1 3 2 はフリー磁性層 1 0 7 の図示 X<sub>1</sub> 方向両側に位置させることにより、バイアス磁界をフリー磁性層 1 0 7 に効率よく印加してフリー磁性層 1 0 7 の磁気モーメント方向を揃え、バルクハウゼンノイズを低減する。

## 【 0 1 3 0 】

積層体 1 1 2 のトラック幅方向の側面 1 1 2 b、1 1 2 b には、絶縁層 1 3 0、1 3 0 が形成されており、この絶縁層 1 3 0、1 3 0 は、積層体 1 1 2 の両側におけるハードバイアス層 1 3 2、1 3 2 の下部絶縁層 3 6 4 側から積層体 1 1 2 の側面 1 1 2 b、1 1 2 b とハードバイアス層 1 3 2、1 3 2 との間まで延在して形成されている。

ハードバイアス層 1 3 2、1 3 2 上には絶縁膜 1 3 3、1 3 3 が形成されている。この絶縁膜 1 3 3、1 3 3 は、ハードバイアス層 1 3 2、1 3 2 上から側面 1 1 2 b、1 1 2 b を介して積層体 1 1 2 の図示 X<sub>1</sub> 方向の両端部分 1 1 2 a、1 1 2 a 上に延在して形成されており、ハードバイアス層 1 3 2、1 3 2 上積層体 1 1 2 側位置における側面 1 1 2 b、1 1 2 b でそれぞれ絶縁層 1 3 0、1 3 0 と接続されている。

ここで、積層体 1 1 2 の図示 X<sub>1</sub> 方向の両端部分とは、積層体 1 1 2 のうちハードバイアス層 1 3 2、1 3 2 に隣接する部分である。この絶縁層 1 3 0、1 3 0 および絶縁膜 1 3 3、1 3 3 は、図 1 または図 1 1 に示す第 1 の実施形態の絶縁層 3 0、3 0 および絶縁膜 3 3、3 3 と同様の材料並びに同様の膜厚から構成されることが好ましい。

## 【 0 1 3 1 】

一対のリード層 1 3 4, 1 3 4 は、絶縁膜 1 3 3, 1 3 3 を介してハードバイアス層 1 3 2, 1 3 2 上に形成され、更に絶縁膜 1 3 3, 1 3 3 よりも積層体 1 1 2 の中央側まで延在している。すなわち、リード層 1 3 4, 1 3 4 には積層体 1 1 2 の一部上まで延在するオーバーレイ部 1 3 4 a、1 3 4 a がそれぞれ設けられ、このオーバーレイ部 1 3 4 a、1 3 4 a の先端部分 1 3 4 b、1 3 4 b が絶縁膜 1 3 3, 1 3 3 よりも積層体 1 1 2 の中央側まで延在し、この先端部分 1 3 4 b、1 3 4 b が積層体 1 1 2 に接合している。

またリード層 1 3 4, 1 3 4 は、図示 X1 方向において相互に  $T_w$  の間隔をあけて配置されている。この間隔  $T_w$  がスピバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 の光学的なトラック幅となる。

#### 【 0 1 3 2 】

尚、オーバーレイ部 1 3 4 a、1 3 4 a の幅  $W_1$  の好ましい範囲及び先端部分 1 3 4 b、1 3 b の幅  $W_2$  の好ましい範囲は、第 1 の実施形態で示した幅  $W_1$ ,  $W_2$  の範囲と同一である。

#### 【 0 1 3 3 】

リード層 1 3 4, 1 3 4 は、先端部分 1 3 4 b、1 3 4 b のみが積層体 1 1 2 に接合し、先端部分 1 3 4 b、1 3 4 b 以外の部分は絶縁膜 1 3 3, 1 3 3 によって積層体 1 1 2 及びハードバイアス層 1 3 2, 1 3 2 から絶縁されている。

従ってリード層 1 3 4, 1 3 4 から積層体 1 1 2 に印加されるセンス電流は、図 1 8 中、矢印 J で示すようにリード層 1 3 4, 1 3 4 の先端部分 1 3 4 b、1 3 4 b のみから積層体 1 1 2 に印加される。

一方、リード層 1 3 4, 1 3 4 とハードバイアス層 1 3 2, 1 3 2 の間は絶縁膜 1 3 3, 1 3 3 で絶縁されており、さらにハードバイアス層 1 3 2, 1 3 2 と積層体 1 1 2 の側面 1 1 2 b, 1 1 2 b との間は絶縁層 1 3 0, 1 3 0 で絶縁されているため、センス電流がハードバイアス層 1 3 2, 1 3 2 を介して積層体 1 1 2 の側面 1 1 2 b, 1 1 2 b から両端部分 1 1 2 a、1 1 2 a に流れることがない。

更に、オーバーレイ部 1 3 4 a, 1 3 4 a と積層体 1 1 2 の両端部分 1 1 2 a、1 1 2 a の間には絶縁膜 1 3 3, 1 3 3 が延在しているので、センス電流がオ

ーバーレイ部 1 3 4 a、1 3 4 a から積層体 1 1 2 の両端部分 1 1 2 a、1 1 2 a に向けて流れることがない。

#### 【0 1 3 4】

従って、第 1 の実施形態のスピンバルブ型薄膜磁気素子 1 と同様に、このスピンバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 の積層体 1 1 2 のなかで最もセンス電流が集中するのは、リード層 1 3 4、1 3 4 が形成されていない感度領域 S である。

一方、積層体 1 1 2 のうち、リード層の先端部分 1 3 4 b、1 3 4 b 及び絶縁膜 1 3 3、1 3 3 が被着されている部分においては、センス電流が少なくなって磁気抵抗 (MR) 効果が実質的に小さくなり、磁気記録媒体の漏れ磁界の検出感度が小さくなり、とくに絶縁膜 1 3 3、1 3 3 が成膜されている両端部分 1 1 2 a、1 1 2 a ではセンス電流が全く流れず、磁気記録媒体の漏れ磁界の検出感度が 0 になる。

このようにリード層の先端部分 1 3 4 b、1 3 4 b 及び絶縁膜 1 3 3、1 3 3 が被着されている部分を図 1 8 に示すように不感度領域 N と称する。

#### 【0 1 3 5】

リード層 1 3 4、1 3 4 の先端部分 1 3 4 b、1 3 4 b のみを積層体 1 1 2 に接合させ、リード層 1 3 4、1 3 4 の他の部分を絶縁膜 1 3 3、1 3 3 で絶縁するとともに、積層体 1 1 2 の側面 1 1 2 b、1 1 2 b を絶縁層 1 3 0、1 3 0 で絶縁することにより、実質的に磁気記録媒体からの記録磁界の再生に寄与する部分 (感度領域 S) と、実質的に磁気記録媒体からの記録磁界の再生に寄与しない部分 (不感度領域 N) とが形成され、感度領域 S の幅 T w がスピンバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 のトラック幅となり、狭トラック化に対応することができる。

また、積層体 1 1 2 の感度領域 S はハードバイアス層 1 3 2、1 3 2 から離れているために、強いバイアス磁界により固着されることがなく、スピンバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 の出力特性を向上できる。

特に、積層体 1 1 2 の両端部分 1 1 2 a、1 1 2 a では絶縁層 1 3 0、1 3 0 および絶縁膜 1 3 3、1 3 3 によってセンス電流が遮断され、磁気抵抗効果が発現することなく検出感度が 0 になるので、スピンバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 のサイドリーディングを防止することができる。

## 【 0 1 3 6 】

上記のスピンバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 においては、図 1 1 に示す第 1 の実施形態に対応しているが、積層体 1 1 2 の両端部分 1 1 2 a、1 1 2 a 上面および側面 1 1 2 b、1 1 2 b に延在する絶縁膜 1 3 3、1 3 3 に関しては絶縁層 1 3 0、1 3 0 が連続するように、図 1 に示す絶縁層 3 0、3 0 に対応した構成とすることもできる。

## 【 0 1 3 7 】

上記のスピンバルブ型薄膜磁気素子 1 0 1 の製造方法は、積層体形成工程において、第 1 反強磁性層 1 0 4、第 1 強磁性ピンド層 1 0 5 a、第 1 非磁性中間層 1 0 5 b、第 2 強磁性ピンド層 1 0 5 c、第 1 非磁性導電層 1 0 6、第 1 拡散防止層 1 0 7 a、強磁性自由層 1 0 7 b、第 2 拡散防止層 1 0 7 c、第 2 非磁性導電層 1 0 8、第 3 強磁性ピンド層 1 0 9 a、第 2 非磁性中間層 1 0 9 b、第 4 強磁性ピンド層 1 0 9 c、第 2 反強磁性層 1 1 0 及び保護層 1 1 1 を順次積層して積層膜を形成すること以外は、第 1 の実施形態で説明した 2 通りの製造方法のいずれかと同様にして製造することが可能である。

## 【 0 1 3 8 】

尚、本発明の技術範囲は第 1、第 2 の実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

例えば第 1 の実施形態においては、非磁性中間層を挟んで反強磁性的に結合する 2 つの強磁性自由層で構成したフリー磁性層 7 について説明したが、本発明はこれに限られず、フリー磁性層 7 を強磁性層単層構造、または強磁性層と拡散防止層の積層構造としても良い。

同様に、固定磁性層 4 についても強磁性層単層構造としても良い。

## 【 0 1 3 9 】

また、第 1 の実施形態において、フリー磁性層 7 と保護層 8 の間に導電性かつ非磁性な材料からなるバックド層を形成し、伝導電子のうちアップスピンの伝導電子の平均自由行程をこのバックド層によって延長させることにより、抵抗変化率を増加させる構成を採用してもよい。

## 【 0 1 4 0 】



更に第 1 の実施形態において、積層体 9 中の反強磁性層をフリー磁性層よりも下部絶縁層（基板）から離れた位置に配置させてトップ型のシングルスピバルブ型構造としてもよい。すなわち、下地層、フリー磁性層、非磁性導電層、固定磁性層、反強磁性層及び保護層の順で積層しても良い。

## 【 0 1 4 1 】

また第 2 実施形態において、フリー磁性層 1 0 7 を、非磁性中間層と、この非磁性中間層を挟んで反強磁性的に結合する 2 つの強磁性自由層で構成してもよい。

また、第 1、第 2 固定磁性層 1 0 5、1 0 9 のいずれか一方または両方を強磁性層単層構造としても良い。

## 【 0 1 4 2 】

なお、上記の各実施形態において、バイアス下地層 3 1、1 3 1 を設けないことも可能であり、この場合、ハードバイアス層 3 2、1 3 2 を FeCo および CoPt の積層膜からなるものとすることができる。

## 【 0 1 4 3 】

更に、第 1、第 2 の実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子において、固定磁性層の磁気モーメントを固定する手段として、反強磁性層に代えて、センス電流のセンス電流磁界を用いる手段を採用しても良い。

## 【 0 1 4 4 】

## 【発明の効果】

以上、詳細に説明したように、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子によれば、前記積層体のトラック幅方向両側における前記積層体の側面と前記ハードバイアス層との間に位置する一対の絶縁層を具備してなることにより、積層体の側面は絶縁層によってハードバイアス層やリード層から絶縁されているので、積層体の側面へ直接流れ込む検出電流の分流成分が絶縁層により遮断され、検出電流はすべてオーバーレイ部から積層体に印加されることになり、これにより積層体の両端部分で磁気抵抗効果が発現することがなく、スピバルブ型薄膜磁気素子のサイドリーディングを防止することが可能になる。

## 【 0 1 4 5 】

また、本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子によれば、前記絶縁層の前記積層体の側面における膜厚が $0.5\text{ nm}$ 以上とされるので、絶縁層にピンホールができることが防止でき、積層体の側面を絶縁層によってハードバイアス層やリード層から絶縁することができるのと同時に、絶縁層の前記積層体の側面における膜厚が $5\text{ nm}$ 以下の範囲に設定されることにより、ハードバイアス層のバイアス磁界によってフリー磁性層の磁気モーメント方向を所定の方向に充分揃えることができる。また、本発明において、前記積層体上面における前記絶縁層の膜厚が、 $0.5\text{ nm}$ 以上 $20\text{ nm}$ 以下の範囲であることにより、積層体の上面からトラック幅方向両端部分への検出電流の分流成分をこの絶縁膜により確実に遮断することができ、スピンバルブ型薄膜磁気素子のサイドリーディングを確実に防止することが可能になる。

## 【 0 1 4 6 】

本発明における前記絶縁層が前記積層体の側面から前記ハードバイアス層の基板側および前記積層体上面のトラック幅方向両端部分までそれぞれ延在してなることにより、リード層からハードバイアス層を経由して積層体に検出電流が流入することを防止できることになり、これにより積層体の両端部分で磁気抵抗効果が発現することがなく、スピンバルブ型薄膜磁気素子のサイドリーディングを防止することが可能になる。

## 【 0 1 4 7 】

また、本発明においては、前記ハードバイアス層と前記絶縁層との間に、バイアス下地層を具備してなることにより、バイアス下地層上にハードバイアス層を形成すると、ハードバイアス層の保磁力および角形比が大きくなり、フリー磁性層の単磁区化に必要なバイアス磁界を増大させることができる。

## 【 0 1 4 8 】

リード層の先端部分の幅が $0.01\text{ }\mu\text{ m}$ 以上であり、リード層と積層体の接合面積が広く確保されるので、先端部分における接触抵抗が低減されて積層体に検出電流を効率よく与えることができる。

更に、ハードバイアス層とリード層の先端部分とが離れていることにより、ハードバイアス層のバイアス磁界がスピンバルブ型薄膜磁気素子のトラック幅中央

の感度領域において適度に弱くなるので、バイアス磁界によってフリー磁性層の磁化が必要以上に強く固着されることがなく、再生感度を向上させることができる。

## 【 0 1 4 9 】

本発明は、前記ハードバイアス層と前記リード層との間に、前記積層体のトラック幅方向両端部分まで延在する絶縁膜が設けられてなることにより、リード層からハードバイアス層に流入する検出電流の分流成分を規制できるため、より一層積層体側面に流入する検出電流の分流成分の発生を防止することができる。ここで、前記絶縁層と絶縁膜とは、一体とされることも可能であり、また同一の材質からなる構成とされていてもよい。

## 【 0 1 5 0 】

そして、本発明の薄膜磁気ヘッドは、先のいずれかに記載のスピンバルブ型薄膜磁気素子を磁気記録情報の読出し素子として備えているので、サイドリーディング発生の確率が低い薄膜磁気ヘッドを構成することができる。

また係る浮上式磁気ヘッドによれば、上記の薄膜磁気ヘッドを備えているので、磁気情報の再生出力が高く、サイドリーディング発生の確率が低い浮上式磁気ヘッドを構成することができる。

## 【 0 1 5 1 】

次に、本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、基板上に第1リフトオフレジストを形成し、前記基板に対して角度 $\theta_{d2}$ の方向からエッチング粒子を照射して更に積層体を形成した後に、前記基板に対して角度 $\theta_{d1}$ （ただし $\theta_{d2} > \theta_{d1}$ ）の方向からスパッタ粒子を堆積することにより、前記積層体の側面上およびこの側面から前記切込部に対応する位置にある前記積層体上まで延在する絶縁層を形成し、さらに、前記角度 $\theta_{d2}$ と略同等の方向から別のスパッタ粒子を堆積することによりハードバイアス層を形成し、第2リフトオフレジストの切込部位置にある積層体上までリード層を形成するので、絶縁膜を積層体の側面、ハードバイアス層の基板側および積層体のトラック幅両端部上まで延在させるとともに、リード層を絶縁膜よりも積層体上面のトラック幅方向中央側に延在させて積層体に接合させることができ、サイドリーディングを防止することが可能なスピ

ンバルブ型薄膜磁気素子を製造できる。

【 0 1 5 2 】

更に、本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法においては、絶縁層を形成する際の角度  $\theta_{d1}$  が、ハードバイアス層を形成する際の角度  $\theta_{d2}$  より小さく設定されているので、絶縁層を第 1 リフトオフレジストの切込部の位置まで形成させることが可能になり、検出電流の分流成分を極力遮断させることができる。

【 0 1 5 3 】

次に本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の別の製造方法は、基板上に積層体およびその両側に絶縁膜、ハードバイアス層を形成した後、第 2 リフトオフレジストを形成し、基板に対して角度  $\theta_{d3}$  の方向からスパッタ粒子を堆積することにより、前記積層体の両側および前記側面上まで延在する絶縁膜を形成し、さらに、前記基板に対して角度  $\theta_{d4}$  (ただし  $\theta_{d3} > \theta_{d4}$ ) の方向から他のスパッタ粒子を堆積することにより、前記ハードバイアス層上から前記第 2 リフトオフレジストの切込部に対応する位置にある積層体上まで延在する一対のリード層を形成するので、絶縁膜を積層体のトラック幅両端部上まで延在させるとともに、リード層を絶縁膜よりも積層体の中央方向に延在させて積層体に接合させることができ、サイドリーディングを防止することが可能なスピンバルブ型薄膜磁気素子を製造できる。ここで、前記絶縁層と絶縁膜とは、一体とされることも可能であり、また同一の材質からなる構成とされることもできる。

【 0 1 5 4 】

本発明において、リード層を形成する際の角度  $\theta_{d4}$  が、絶縁膜を形成する際の角度  $\theta_{d3}$  より小さく設定されているので、リード層を第 2 リフトオフレジストの切込部の位置まで形成させることが可能になり、検出電流の分流成分を極力遮断させることが可能になる。ここで、前記絶縁層と絶縁膜とは、一体とされることも可能であり、また同一の材質からなる構成とされていてもよい。

【 0 1 5 5 】

また、本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によれば、絶縁膜を形成した後にエッチング粒子を照射することにより、第 2 リフトオフレジストの切込部に対応する位置にある積層体の一部をエッチングするので、リード層と積層

体の接合面をクリーニングすることができ、リード層と積層体を確実に接合させて検出電流を積層体に効率よく与えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施形態のスピンバルブ型薄膜磁気素子の断面模式図である。

【図 2】 図 1 のスピンバルブ型薄膜磁気素子を備えた浮上式磁気ヘッドの斜視図である。

【図 3】 図 1 のスピンバルブ型薄膜磁気素子を備えた薄膜磁気ヘッドの断面模式図である。

【図 4】 本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、積層体形成工程を示す工程図である。

【図 5】 本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、積層体形成工程を示す工程図である。

【図 6】 本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、絶縁層形成工程を示す工程図である。

【図 7】 本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、ハードバイアス層形成工程および絶縁膜形成工程を示す工程図である。

【図 8】 本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、第 2 レジスト形成工程を示す工程図である。

【図 9】 本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、エッチング工程を示す工程図である。

【図 1 0】 本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、リード層形成工程を示す工程図である。

【図 1 1】 本発明の他の実施形態のスピンバルブ型薄膜磁気素子の断面模式図である。

【図 1 2】 本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の他の製造方法を説明するための図であって、積層体形成工程を示す工程図である。

【図 1 3】 本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の他の製造方法を説明

するための図であって、ハードバイアス層形成工程を示す工程図である。

【図 1 4】 本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の他の製造方法を説明するための図であって、第 2 レジスト形成工程を示す工程図である。

【図 1 5】 本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の他の製造方法を説明するための図であって、絶縁膜形成工程を示す工程図である。

【図 1 6】 本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の他の製造方法を説明するための図であって、エッチング工程を示す工程図である。

【図 1 7】 本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の他の製造方法を説明するための図であって、リード層形成工程を示す工程図である。

【図 1 8】 本発明の第 2 の実施形態のスピンバルブ型薄膜磁気素子の断面模式図である。

【図 1 9】 従来のスピンバルブ型薄膜磁気素子の断面模式図である。

【符号の説明】

- 1 スピンバルブ型薄膜磁気素子
- 4 反強磁性層
- 4 a 延出部
- 5 固定磁性層
- 5 a 第 1 強磁性ピンド層（強磁性層）
- 5 b 第 1 非磁性中間層（非磁性中間層）
- 5 c 第 2 強磁性ピンド層（強磁性層）
- 6 非磁性導電層
- 7 フリー磁性層
- 9 積層体
- 9 a 両端部分
- 9 b 側面
- 3 0 絶縁層
- 3 2 ハードバイアス層
- 3 3 絶縁膜
- 3 4 リード層

3 4 a オーバーレイ部

3 4 b 先端部分

5 1、5 7、6 0 当接面

5 2、5 8、6 1 側面

5 3、5 9、6 2 切込部

L1 第1リフトオフレジスト

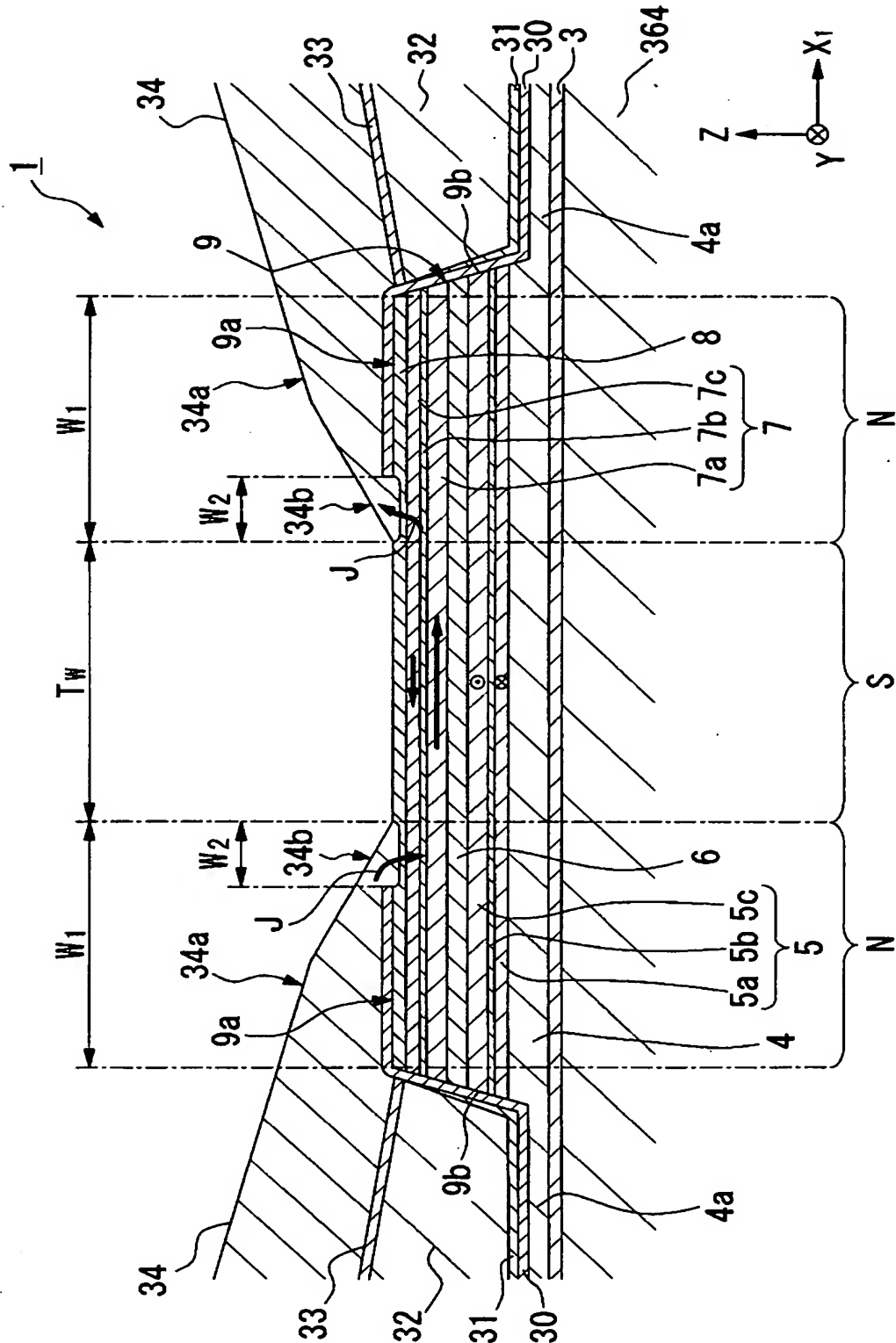
L2、L12 第2リフトオフレジスト

S 感度領域

N 不感度領域

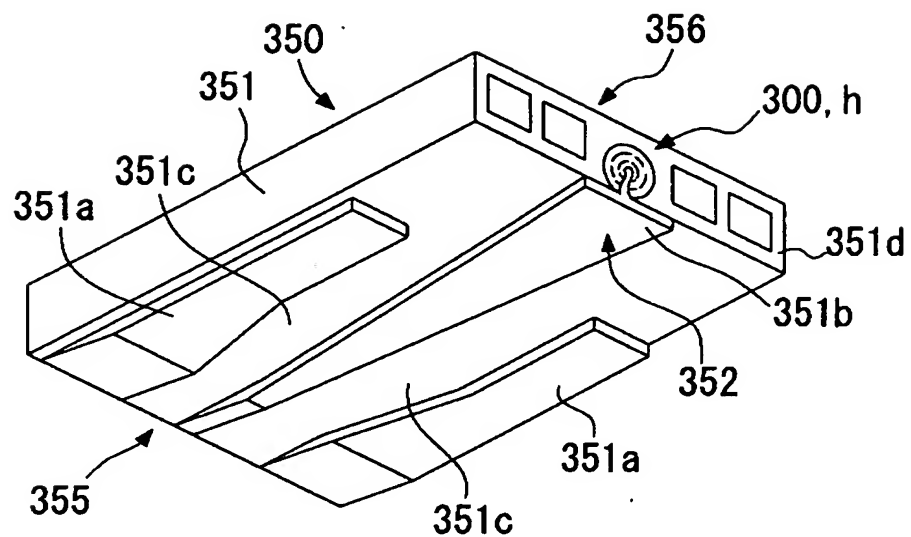
【書類名】 図面

【図 1】

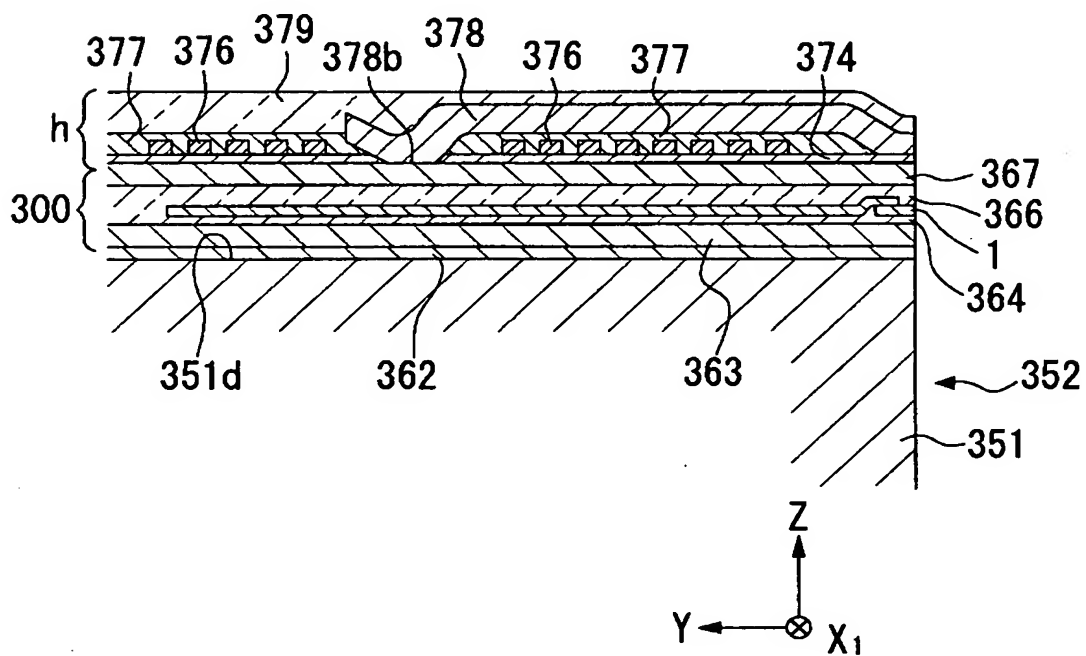




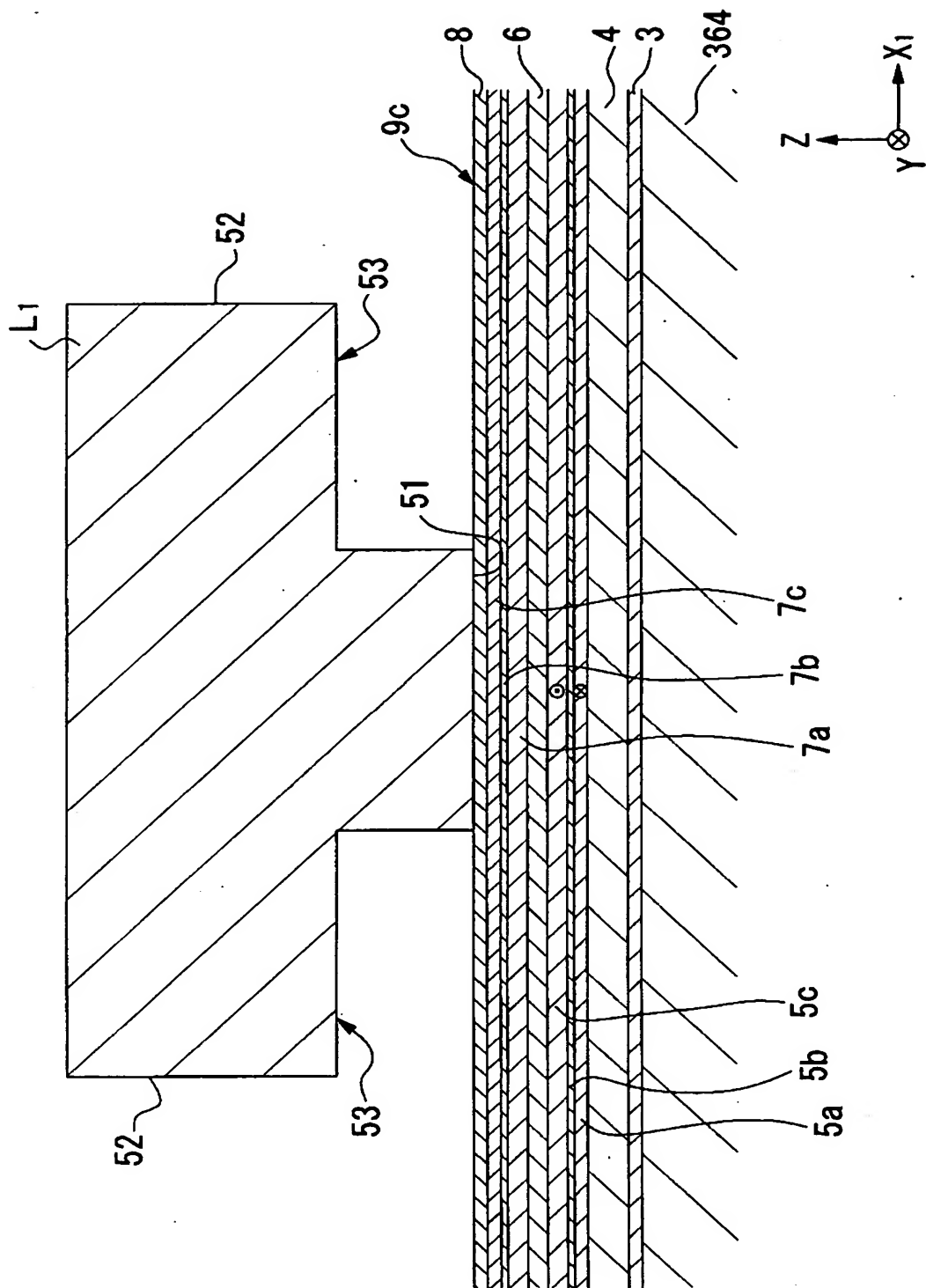
【図 2】



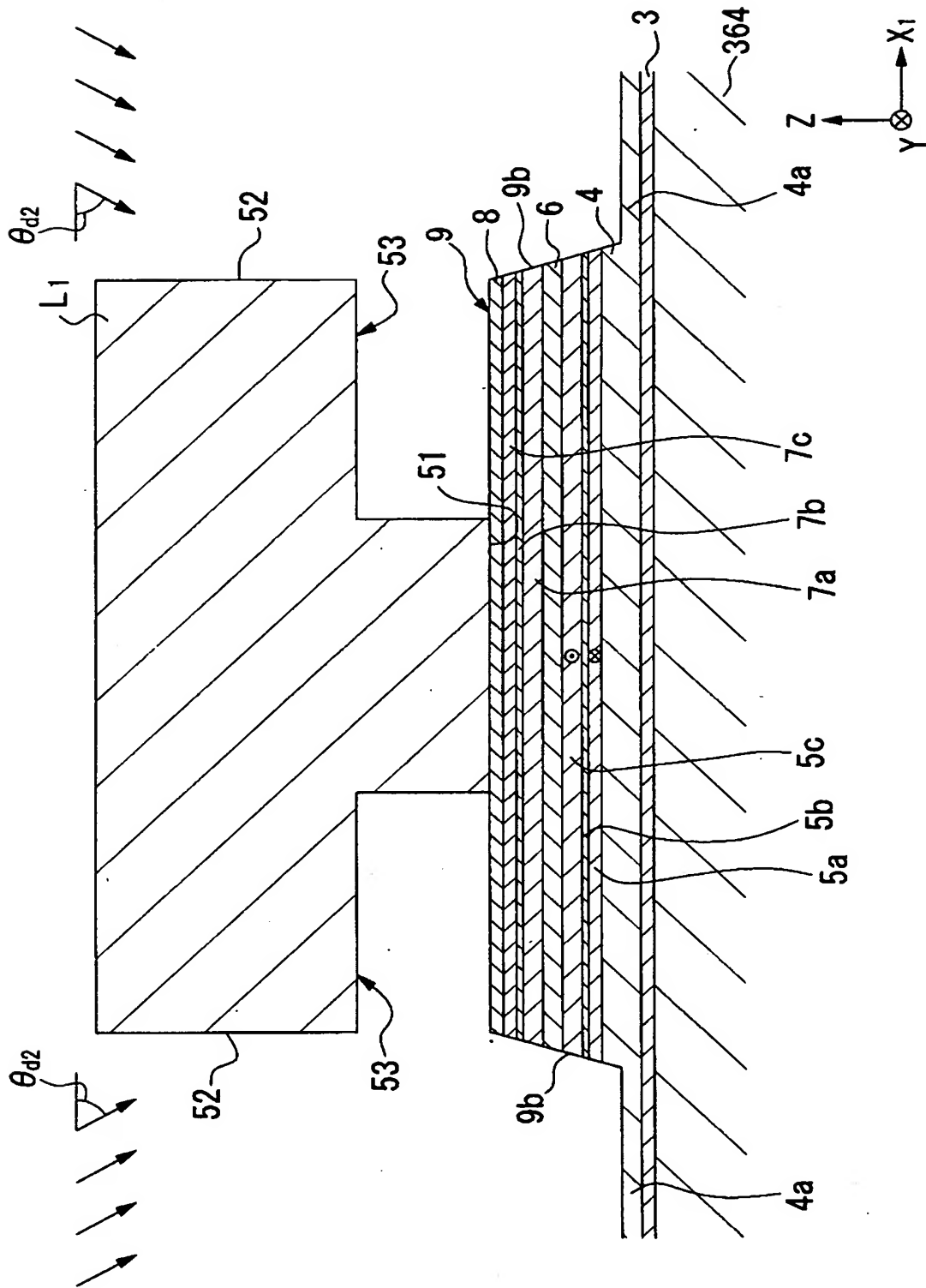
【図 3】



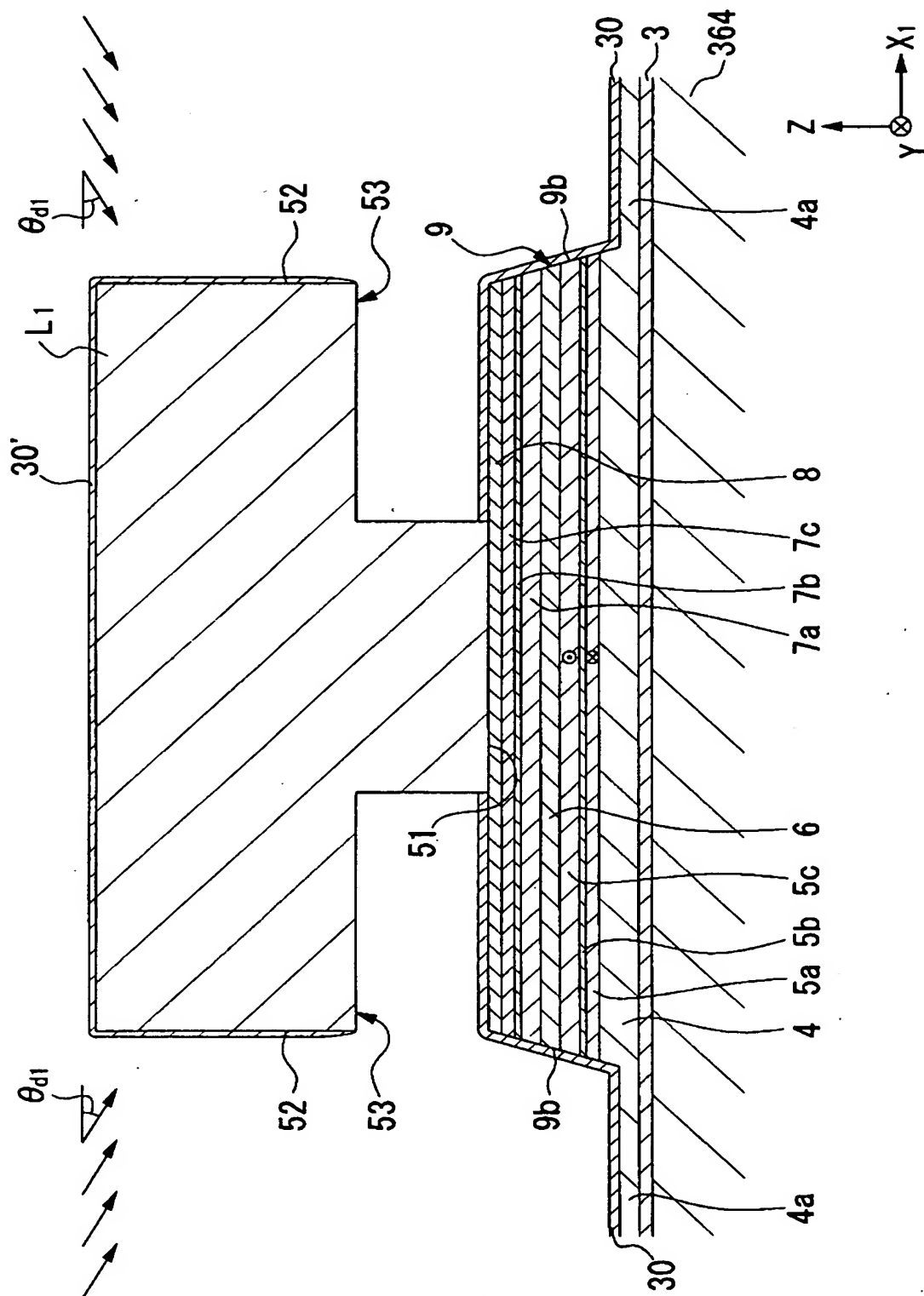
【図 4】



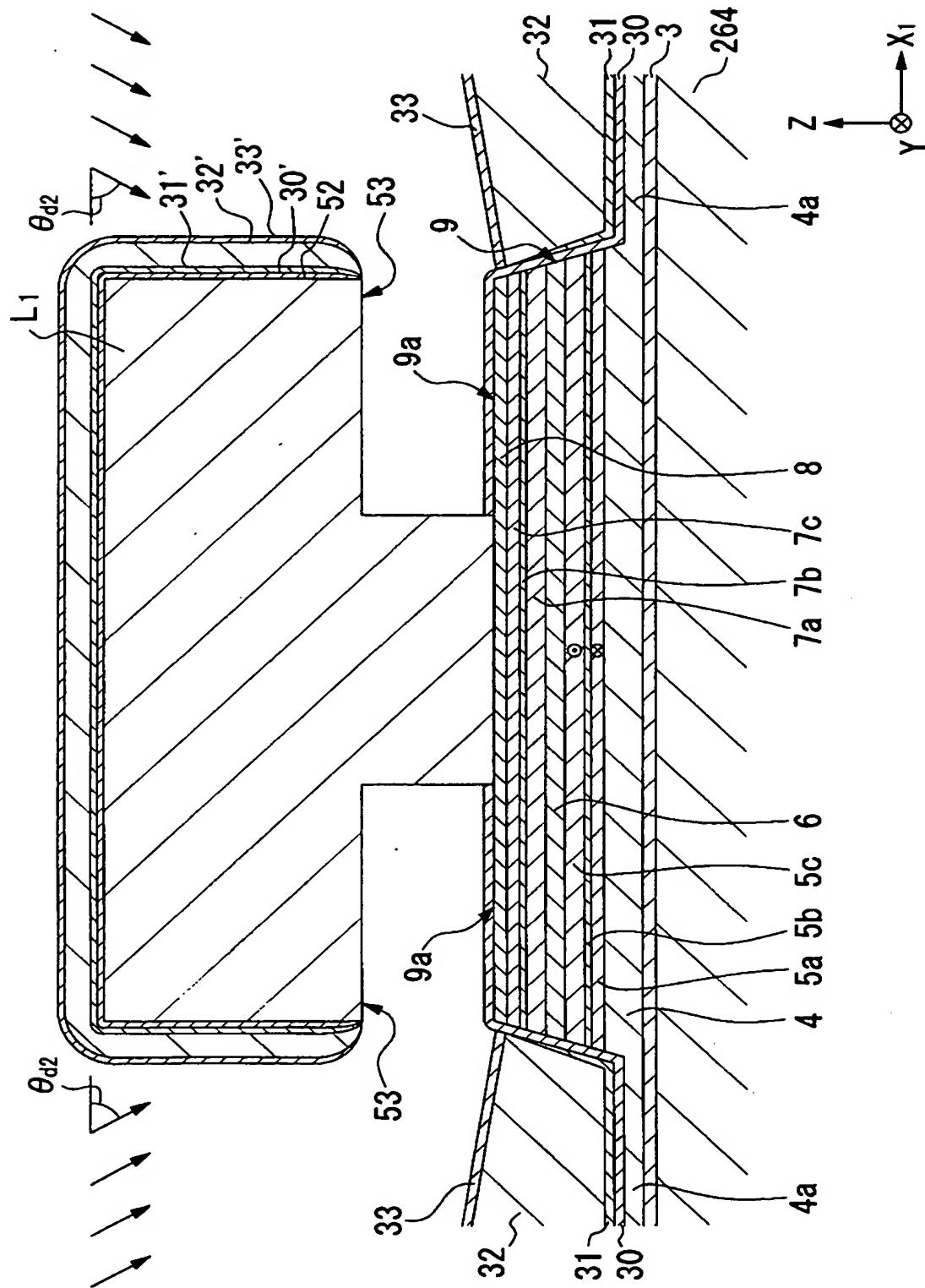
【図 5】



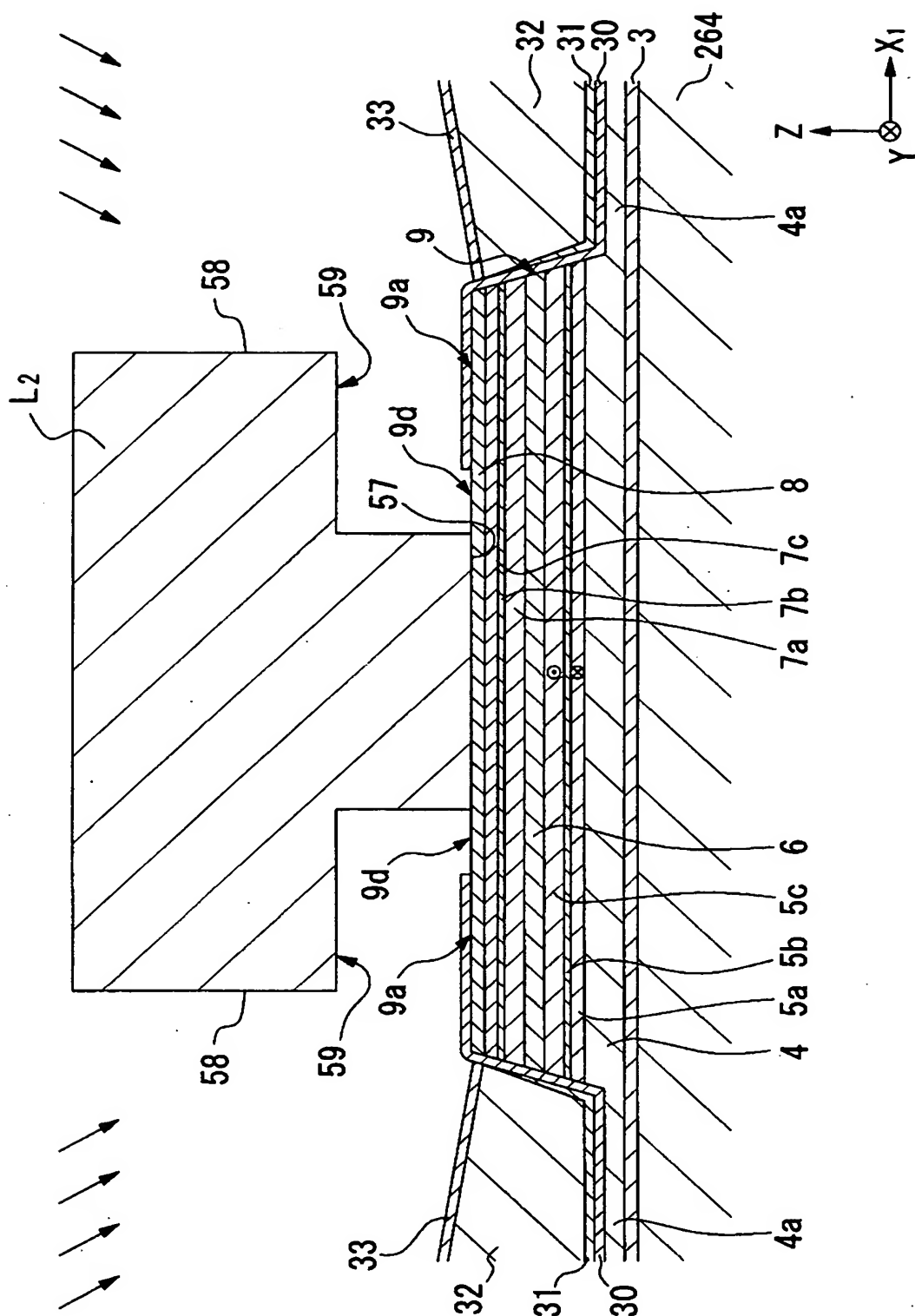
【図6】



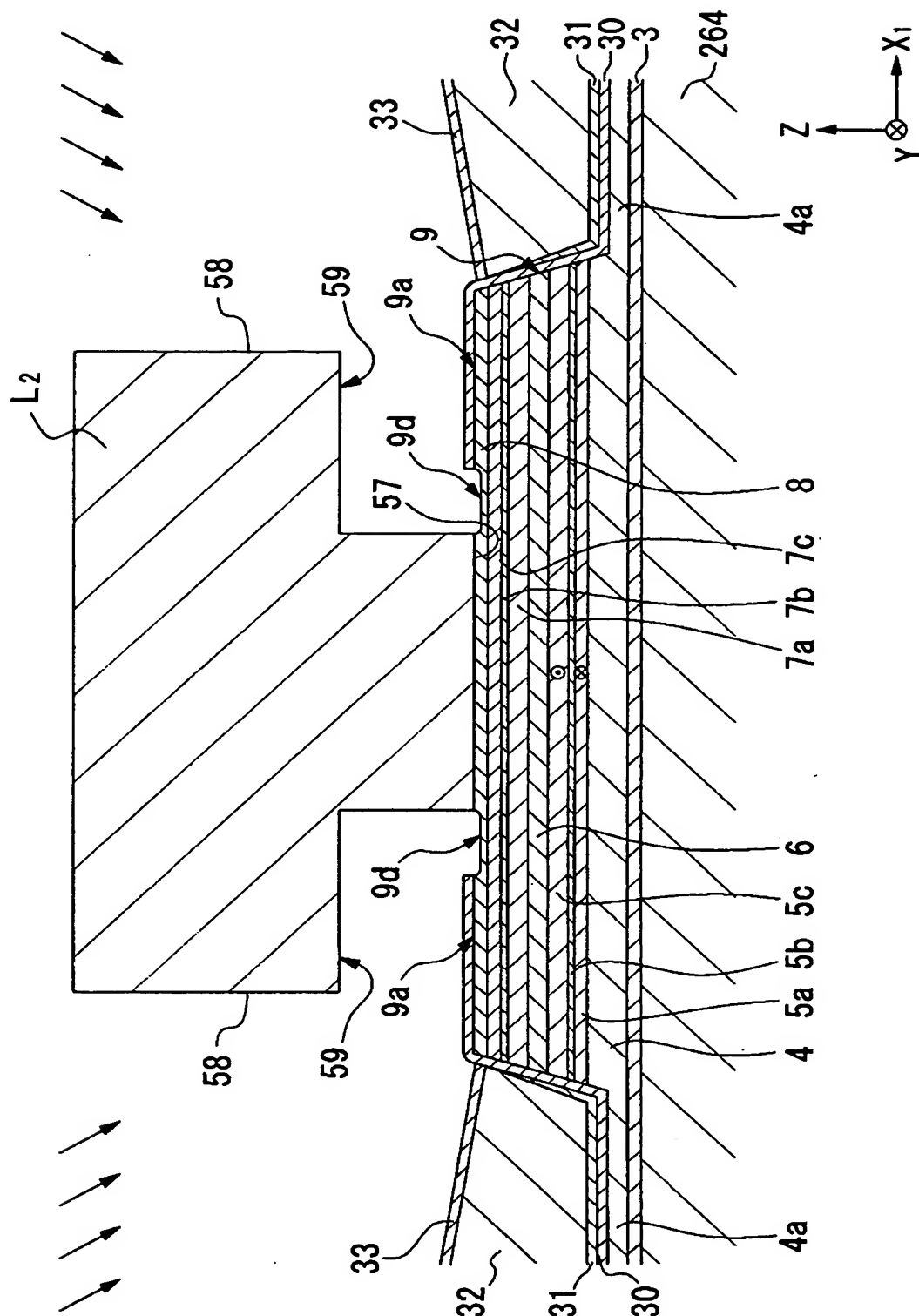
【図 7】



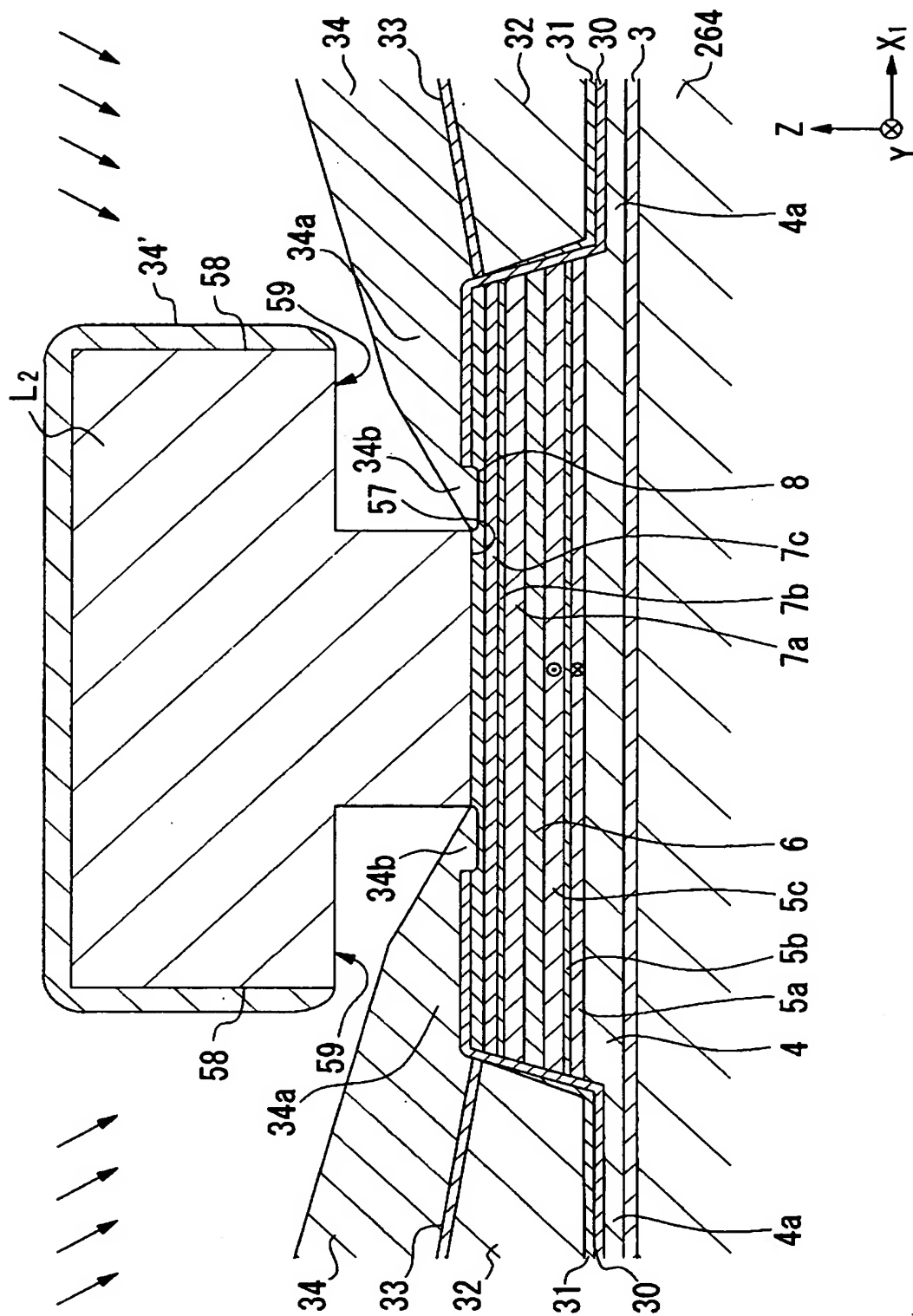
【図 8】



【図 9】

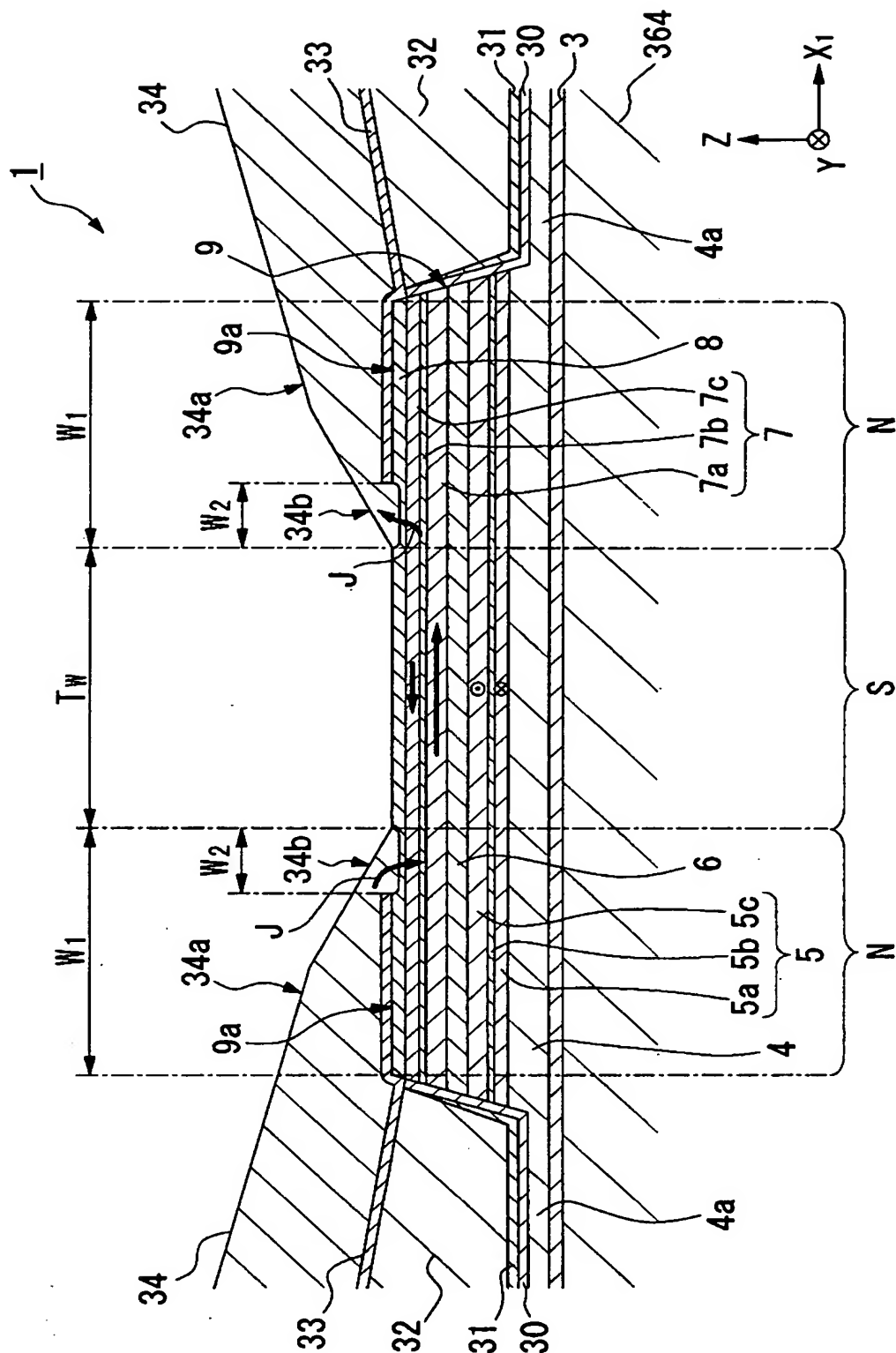


【図 10】

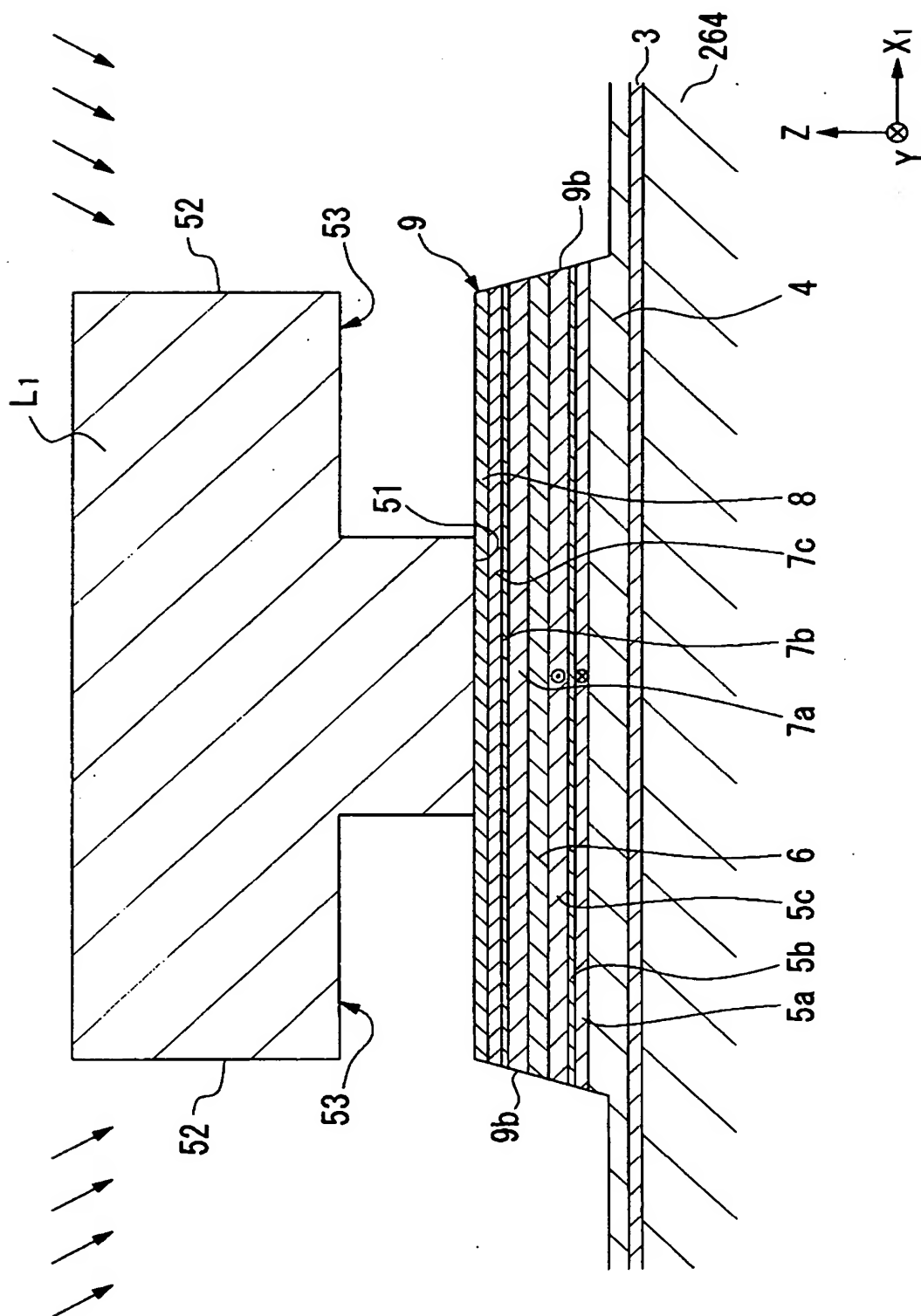




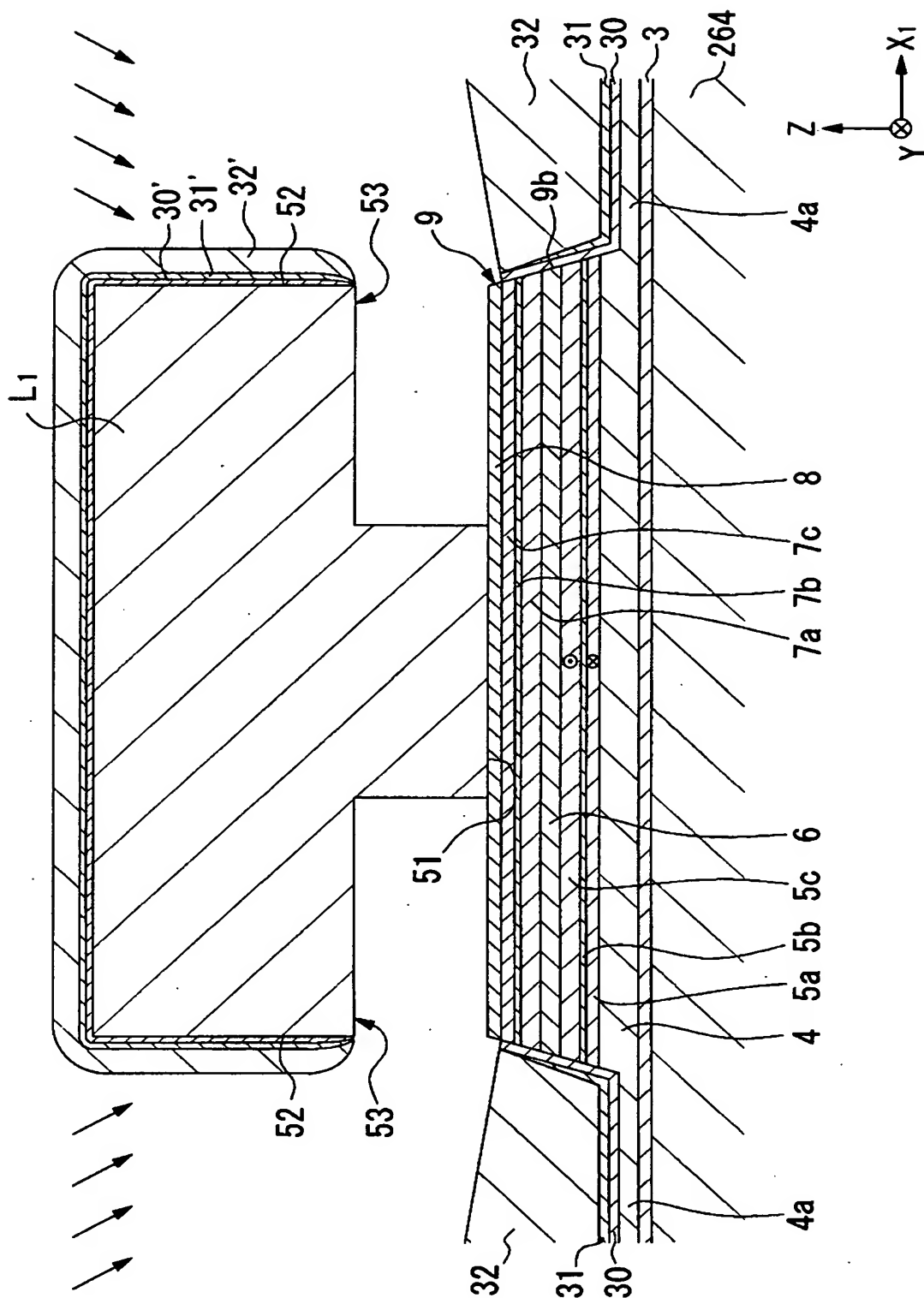
【図11】



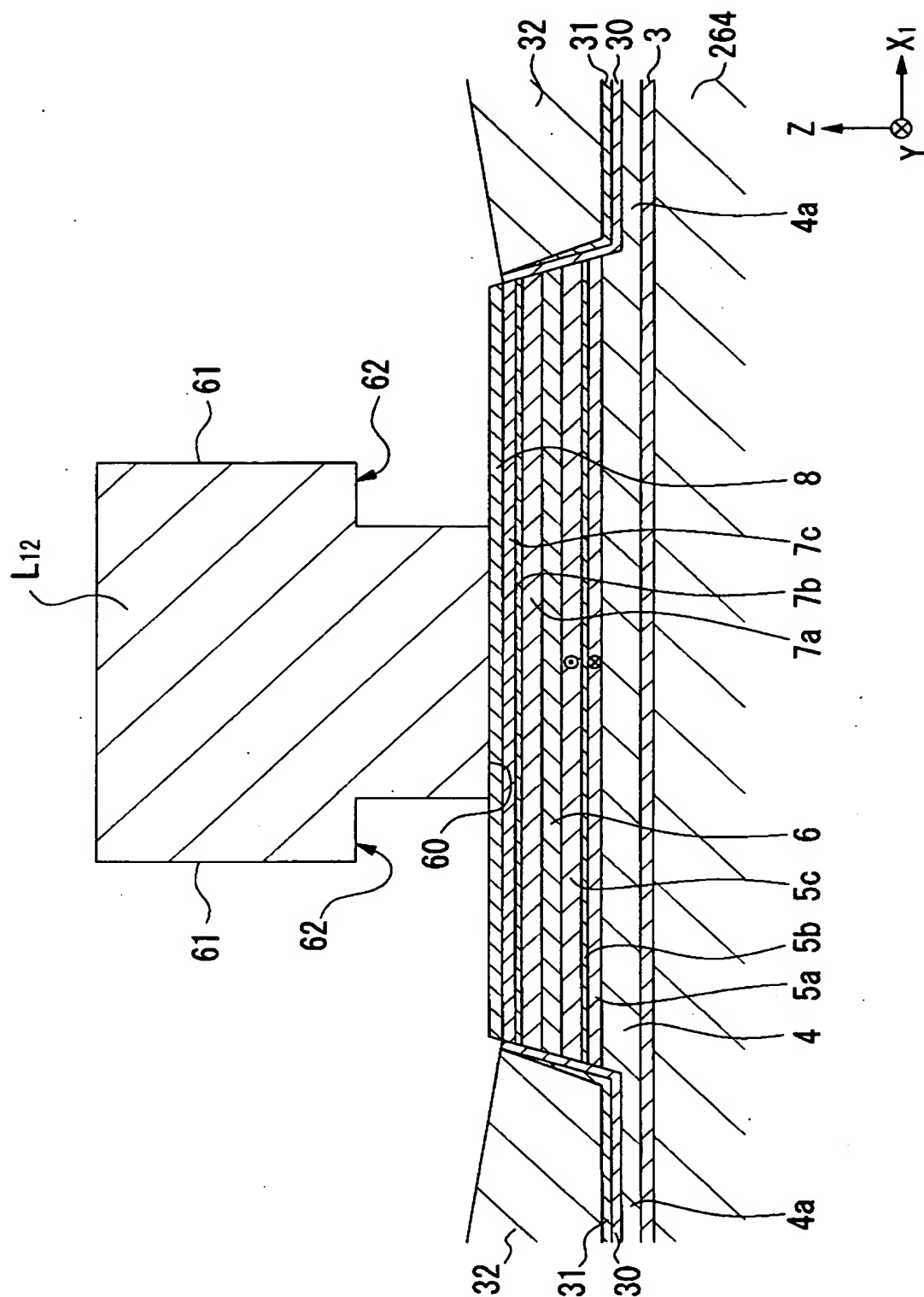
【図 12】



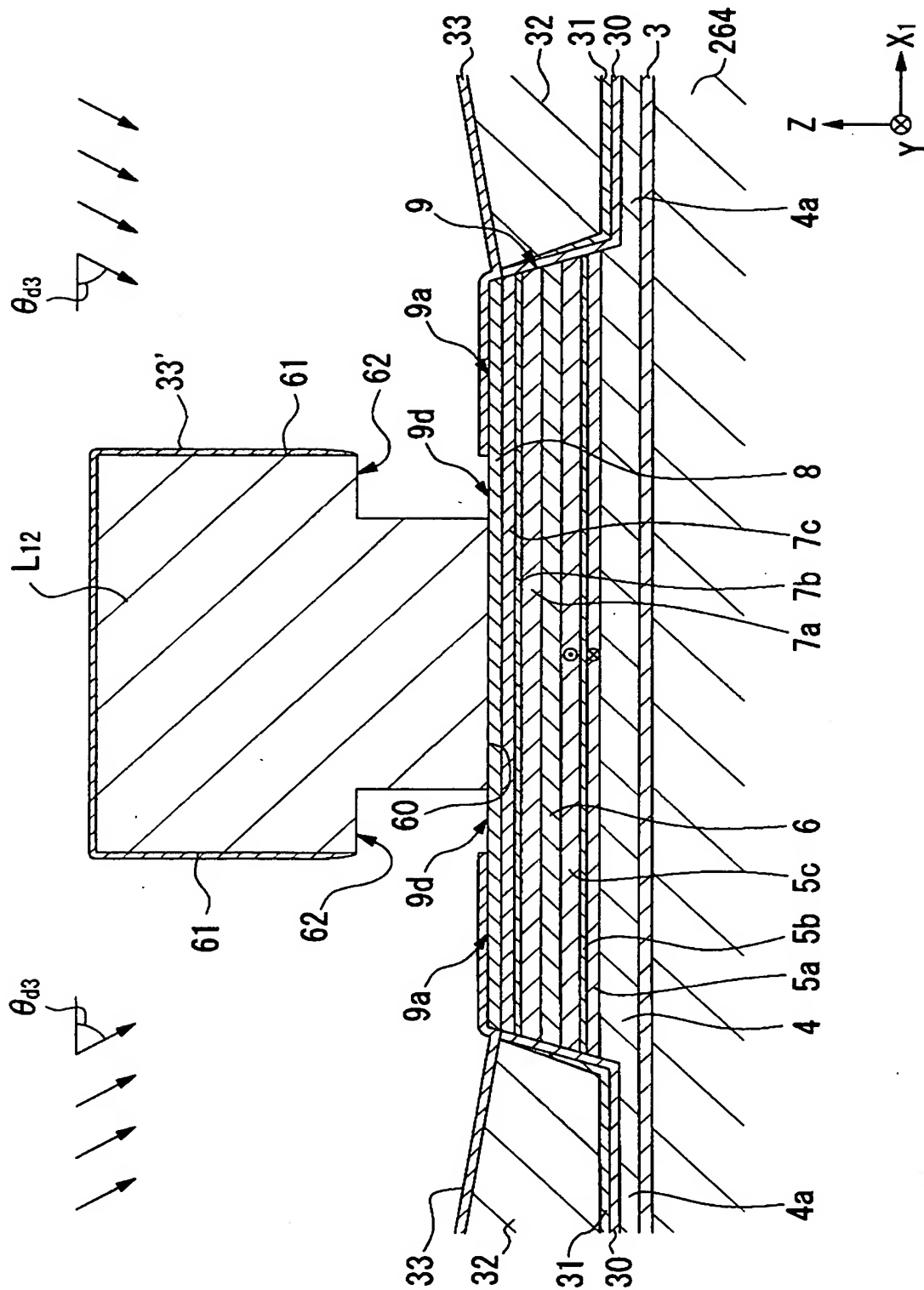
【図13】



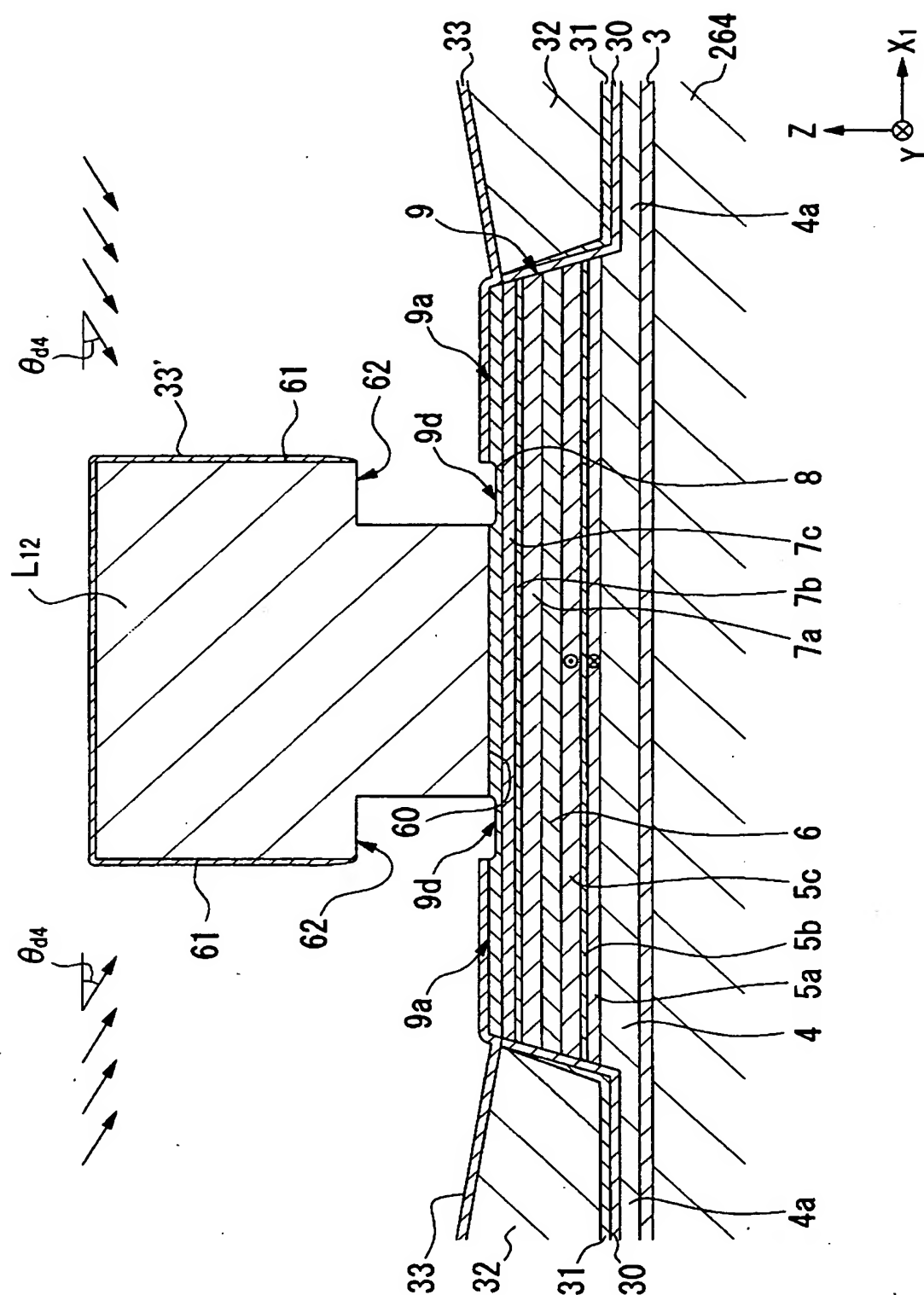
【図 1 4】



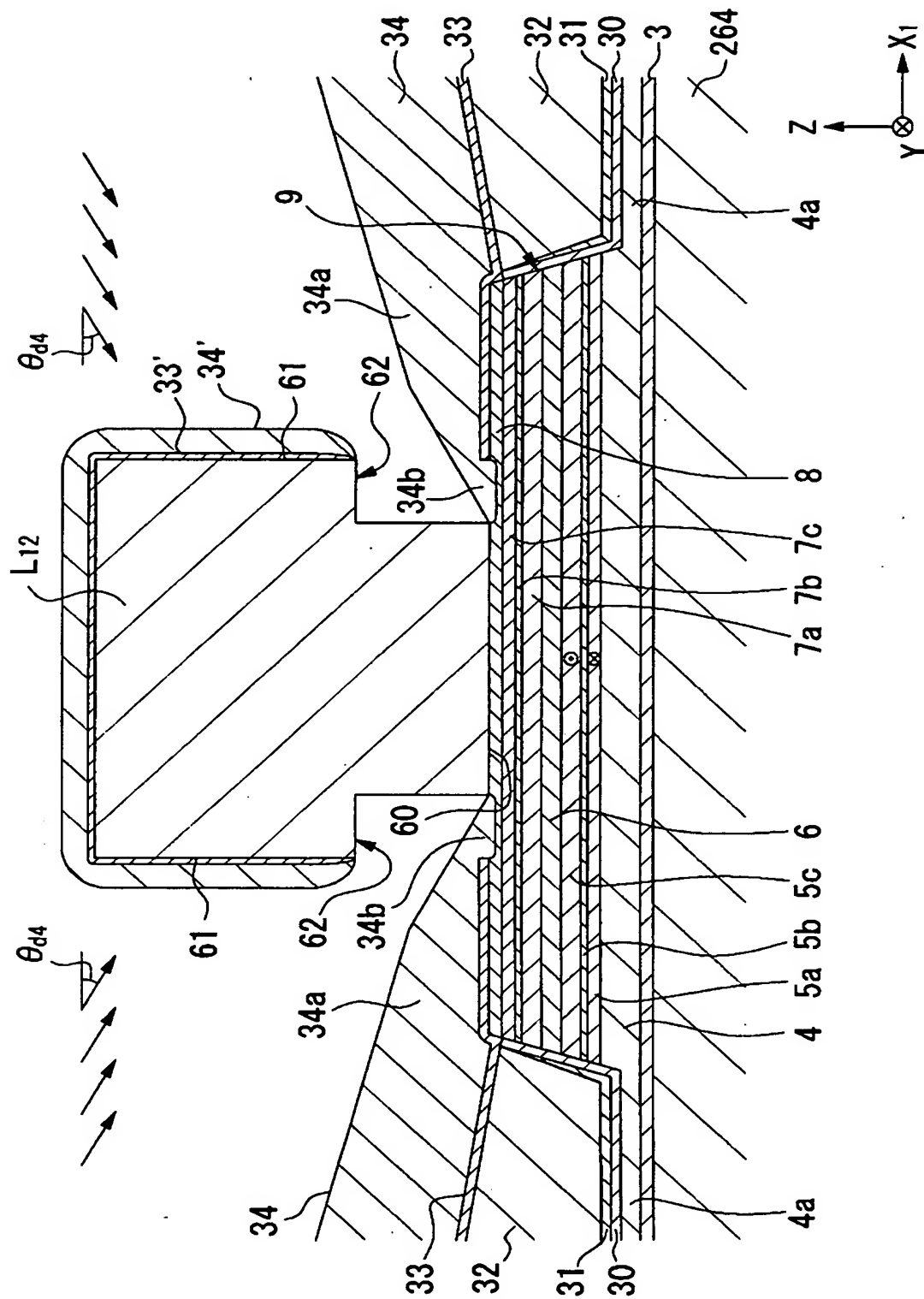
【図 15】



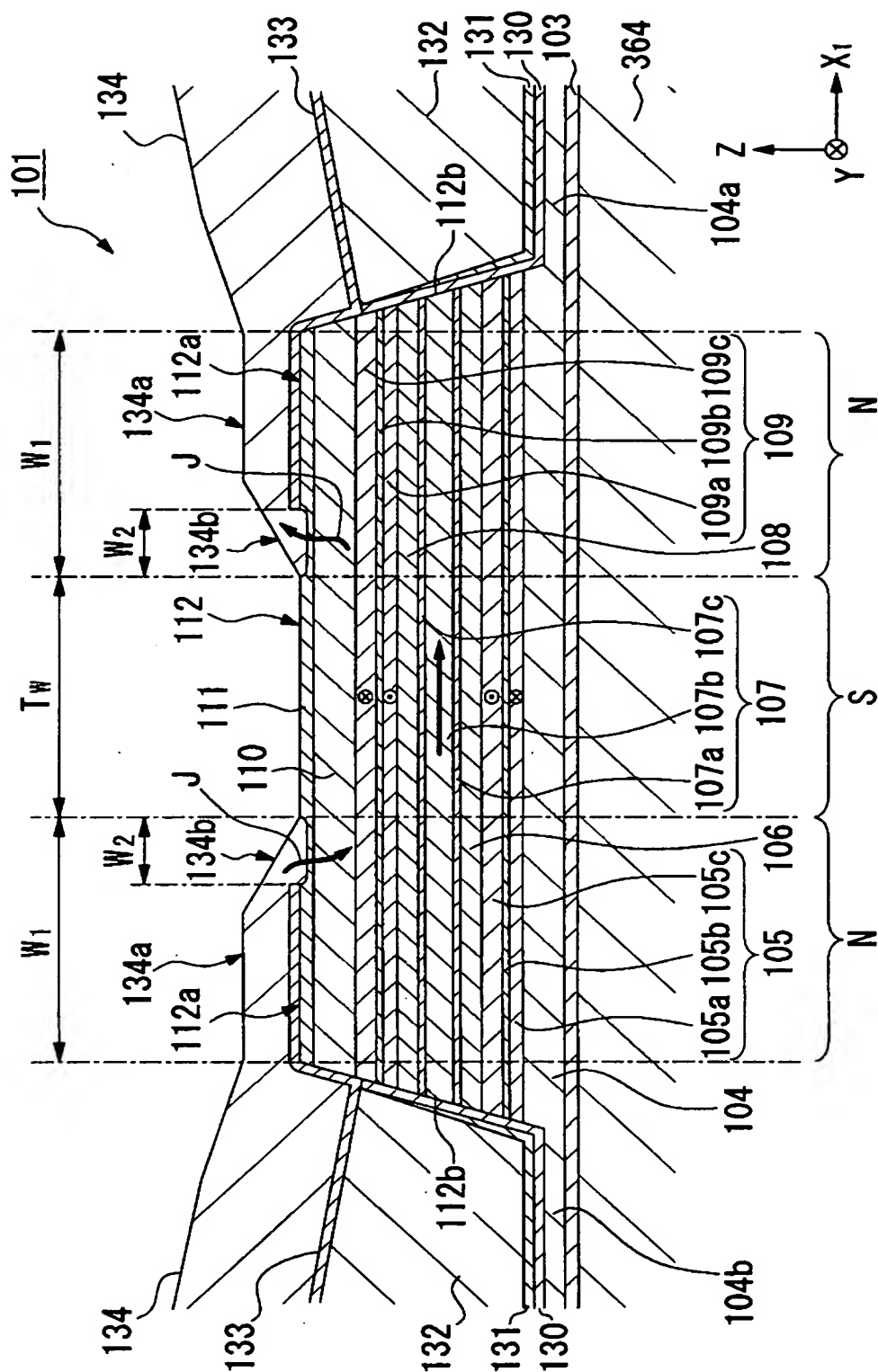
【図 16】



【図 17】

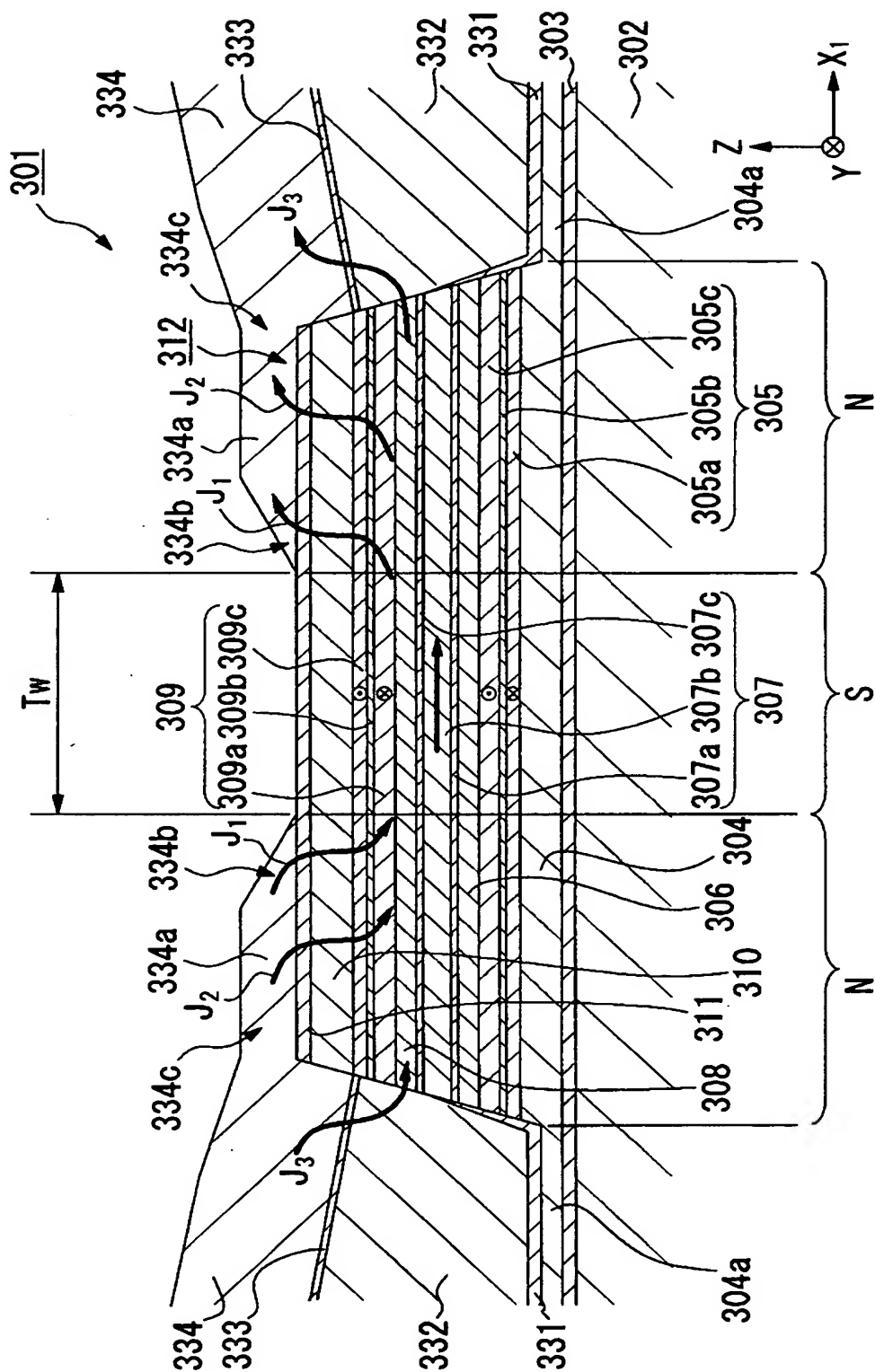


【図 18】





【図19】



【書類名】            要約書

【要約】

【課題】    出力特性の向上を図るとともにサイドリーディング発生を防止することが可能なスピバルブ型薄膜磁気素子を提供する。

【解決手段】    基板 3 6 4 上に、磁気抵抗効果を示す積層体 9 と、フリー磁性層 7 のトラック幅方向 X1 両側に位置してフリー磁性層 7 の磁気モーメント方向を一方向に揃える一対のハードバイアス層 3 2 と、ハードバイアス層 3 2 上に積層された一対のリード層 3 4 と、少なくとも積層体 9 のトラック幅方向両側における側面 9 b とハードバイアス層 3 2 との間に位置する一対の絶縁層 3 0 とを具備してなり、一対のリード層 3 4 には積層体 9 の一部上 9 a まで延在するオーバーレイ部 3 4 a がそれぞれ設けられ、オーバーレイ部 3 4 a の先端部分 3 4 b が積層体 9 に接合することを特徴とするスピバルブ型薄膜磁気素子 1 を採用する。

【選択図】            図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 0 - 3 5 4 1 4 5
受付番号	5 0 0 0 1 4 9 9 2 8 7
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0 0 9 7
作成日	平成 1 2 年 1 1 月 2 2 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000010098

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号

【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】 100064908

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 O R ビ  
ル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】 100108578

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 O R ビ  
ル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】 100089037

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 O R ビ  
ル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 O R ビ  
ル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100094400

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 O R ビ  
ル 志賀国際特許事務所

次頁有

認定・付加情報（続き）

【氏名又は名称】	鈴木 三義
【選任した代理人】	
【識別番号】	100107836
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	西 和哉
【選任した代理人】	
【識別番号】	100108453
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	村山 靖彦

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000010098]

1. 変更年月日	1990年 8月27日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区雪谷大塚町1番7号
氏 名	アルプス電気株式会社

## 拒絶理由通知書

特許出願の番号	特願2000-354145
起案日	平成15年11月18日
特許庁審査官	中村 豊 9186 5D00
特許出願人代理人	志賀 正武(外 6名) 様
適用条文	第29条第2項

この出願は、次の理由によって拒絶をすべきものである。これについて意見があれば、この通知書の発送の日から60日以内に意見書を提出して下さい。

## 理 由

この出願の下記の請求項に係る発明は、その出願前日本国内又は外国において頒布された下記の刊行物に記載された発明又は電気通信回線を通じて公衆に利用可能となった発明に基いて、その出願前にその発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者が容易に発明をすることができたものであるから、特許法第29条第2項の規定により特許を受けることができない。

記 (引用文献等については引用文献等一覧参照)

- ・請求項 1-21
- ・引用文献等 1
- ・備考

引用例1には、オーバーレイ構造のスピバルブ型素子において、絶縁層で電流が流れる方向を制限することにより、オーバーレイ部の先端部分からのみ積層体にセンス電流を印加するものが記載されている。

そして、そのような思想のもとで絶縁層を具体的にどこに配置するかは設計事項にすぎない。

また、リフトオフマスクを使用してスパッタ成膜するに際し、その成膜(延在)領域を制御するために、スパッタ粒子を堆積する方向を選択すること、大きさが異なるリフトオフマスクを選択使用することは、それぞれ周知慣用技術であるから、本願発明と当該引用例との製造方法上の差違についても格別なものでない。

## 引 用 文 献 等 一 覧

1. 特開2000-207713号公報
-

## 先行技術文献調査結果の記録

- ・調査した分野      I P C第7版   G 1 1 B 5 / 3 9  
                            D B名
- ・先行技術文献      特開平 1 1 - 1 7 5 9 2 0 号公報  
                            特開平 1 1 - 2 1 3 3 4 2 号公報  
                            特開平 1 1 - 1 8 5 2 2 3 号公報  
                            特開平 6 - 2 2 3 3 3 6 号公報  
                            特開平 1 0 - 1 6 2 3 2 7 号公報  
                            特開 2 0 0 0 - 6 7 4 1 9 号公報  
                            特開 2 0 0 0 - 1 1 3 3 5 号公報  
                            特開 2 0 0 1 - 4 3 5 1 2 号公報  
                            特開 2 0 0 0 - 2 1 6 4 5 5 号公報

この先行技術文献調査結果の記録は、拒絶理由を構成するものではない。

### Notification of Reasons for Refusal

Patent Application No. 2000-354145  
Drafting Date November 18, 2003  
JPO Examiner Yutaka NAKAMURA 9186 5D00  
Agent for Applicant Masatake SHIGA and other six persons  
Applied Provisions Patent Law Section 29(2)

This application should be refused for the reasons mentioned below. If the applicant has any argument against the reasons, such argument should be submitted within 60 days from the date on which this notification was dispatched.

#### Reason

The invention described below of this application could have been easily made by persons who have common knowledge in the technical field to which the invention pertains, on the basis of the inventions described in the publication listed below which was distributed in Japan or foreign countries or the invention which was publicly available through electrical communication lines prior to the filing of the subject application; hence, this invention is unpatentable under the provision of Japanese Patent Law Section 29(2).

Note (The list of Cited Documents etc. is shown below)

- Claims 1 to 21
- Cited Document etc. 1
- Remarks

Regarding a spin-valve element having an overlaid structure, Cited Document 1 discloses that a sense current



is applied to a composite only from a leading edge of the overlaid portion by restricting the direction of the current with an insulating layer.

An actual arrangement of the insulating film based on such a concept is mere design matter.

Furthermore, it is well-known conventional art to select the direction for depositing sputtered particles and a suitable mask among masks having different sizes to control the region to be deposited in film deposition by sputtering though a lift-off mask; hence, there is no significant difference in process between the subject invention and the cited references.

List of Cited Documents etc.

1. Japanese Unexamined Patent Application Publication No. 2000-207713

---

Record of the results of prior art search

·Fields searched	IPC 7th Edition	G11B5/39
	Database Name	

·Prior art document

Japanese Unexamined Patent Application Publication Nos.

11-175920,  
11-213342  
11-185223,  
6-223336,  
10-162327,  
2000-67419,  
2000-11335,  
2001-43512,  
2000-216455,

This record is not a part of the reason for refusal.